

과학탐구

---

생명과학 I

정답과 해설

# I 생명 과학의 이해

## 01 생물의 특성과 생명과학의 탐구

### 개념 확인 문제

본책 9쪽, 11쪽

- 1 세포 2 (1) 항상성 (2) 자극에 대한 반응 (3) 생식 (4) 물질대사  
(5) 적응과 진화 (6) 유전 (7) 발생 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×  
4 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 5 (1) × (2) ○ (3) ○ 6 (1) 귀납  
적 (2) 연역적 (3) 가설 7 (다)→(가)→(마)→(바)→(라)→(나)  
8 (1) × (2) ○ (3) ○

- 1 생물은 세포로 구성되며, 세포에서 생명 현상이 일어난다.
- 2 (1) 체온 조절은 환경 변화에 관계없이 체내 환경을 일정하게 유지하려는 항상성의 예이다.  
(2) 미모사는 접촉 자극에 대해 잎을 접는 반응을 나타낸다.  
(3) 생물이 자손을 남겨 종족을 유지하는 현상은 생식이다.  
(4) 세포 호흡으로 에너지를 얻는 것은 물질대사의 이화 작용이다.  
(5) 건조한 사막에 사는 선인장은 잎이 가시로 변하여 수분 손실을 최소화하도록 적응하고 진화하였다.  
(6) 어머니의 적록 색맹 형질이 아들에게 나타나는 것은 적록 색맹 유전자가 어머니에게서 아들에게 유전되기 때문이다.  
(7) 개구리의 수정란이 세포 분열을 하여 세포 수를 늘리고 조직과 기관을 형성하여 어린 개구리가 되는 것은 발생이다.
- 3 (1), (3) 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응으로, 물질대사가 일어날 때에는 반드시 에너지 출입이 일어난다.  
(2), (4) 세포 호흡은 물질대사 중 이화 작용의 예이다. 동화 작용은 간단한 물질을 복잡한 물질로 합성하는 작용이다.
- 4 (1) 바이러스는 세균보다 크기가 작은 감염성 병원체이다.  
(2) 바이러스는 세포의 구조를 갖추지 않으며, 세포막과 세포 소기관이 없다.  
(3) 바이러스는 유전 물질인 핵산과 단백질 껍질로 구성된다.  
(4) 바이러스는 자신의 효소가 없어 숙주 세포 밖에서 독자적으로 물질대사를 하지 못한다.
- 5 (1) 생명 과학은 세포에서 조직, 기관, 개체, 생태계에 이르기까지 생명 현상과 관련된 모든 단계를 연구하는 학문이다.  
(2) 생명 과학은 물리학, 화학과 같은 다른 과학 분야나 컴퓨터 과학, 정보 기술, 통계학 등 다른 영역의 학문과 연계하여 발달한다.  
(3) 생명 과학은 생물의 본질을 밝혀 인류의 생존과 복지에 응용하는 종합적인 학문이다.
- 6 (1) 술라이덴과 슈반은 여러 과학자들의 연구 결과를 종합하고 분석하여 모든 생물은 세포로 이루어졌다는 것을 밝혔다.  
(2) 자연 현상을 관찰하여 생긴 의문에 대해 가설을 설정하고, 이 가설을 실험을 통해 검증하는 것은 연역적 탐구 방법이다.

(3) 연역적 탐구 방법에는 귀납적 탐구 방법과는 달리 가설을 설정하고 검증하는 단계가 있다.

7 연역적 탐구 과정은 '문제 인식(다) → 가설 설정(가) → 탐구 설계(마) → 탐구 수행(바) → 결과 해석(라) → 결론 도출(나)'의 순서로 진행된다.

- 8 (1) 실험군은 검증하려는 요인을 변화시킨 집단이며, 실험군에서 얻은 결과의 타당성을 높이기 위해 대조군을 설정한다.  
(2) 조작 변인은 가설을 검증하기 위해 실험에서 의도적으로 변화시키는 요인이다.  
(3) 종속변인은 실험 결과에 해당하며, 독립(조작)변인에 따라 변화되는 요인이다.

### 수능 자료 마스터

본책 12쪽~13쪽

자료 A 1 ⑤

자료 B 2 ③

자료 C 3 ③

1 ⑤ 사막 지역에 사는 토끼와 북극 지역에 사는 토끼의 몸의 형태가 다른 것은 서식하는 환경의 온도에 따라 적응하고 진화한 결과이다. 선인장의 잎이 가시로 변한 것도 건조한 환경에서 물 손실을 줄이기 위해 적응하고 진화한 결과이다.

▶▶▶ ①은 개체 수가 증가하는 생식, ②는 접촉 자극에 대한 반응, ③은 발생, ④는 빛 자극에 대한 반응이다.

2 배즙에 의한 달걀흰자의 분해 여부를 알아보려면 시험관 B에는 배즙을 넣지 않아야 한다. 따라서 시험관 B에는 증류수와 달걀흰자를 넣고, 온도는 시험관 A와 같게 유지해야 한다. 달걀흰자 속 단백질이 분해되면 아미노산 검출 반응이 나타날 것이다. ㄱ. 배즙을 넣은 시험관 A는 실험군이고, 이와 비교하기 위한 시험관 B는 대조군이다.

ㄴ. 종속변인은 실험 결과에 해당하는 달걀흰자의 분해 여부이고, 일정하게 유지해야 하는 온도는 통제 변인이다.

▶▶▶ ㄴ. 시험관 B는 대조군이므로 배즙을 넣지 않는다. 따라서 (가)는 증류수와 달걀흰자이고, (나)는 27 °C이다.

3 ㄱ. (가)는 결핵균(세균)이다. 세균은 세포로 되어 있다. ㄴ. (나)는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이다. 세균과 바이러스는 공통적으로 핵산과 단백질을 가지고 있다.

▶▶▶ ㄴ. 바이러스(나)는 자신의 효소를 가지고 있지 않아 독자적으로 물질대사를 하지 못하므로 살아 있는 세포에 기생한다.

### 수능 2점 다지기

본책 14쪽~16쪽

- 1 ④ 2 ⑤ 3 ⑤ 4 ⑤ 5 ③ 6 ④  
7 ④ 8 ③ 9 ⑤ 10 ① 11 ③ 12 ②  
13 ④

## 1 생물의 특성

### |선택지 분석|

(가)	(나)	(다)
<input checked="" type="checkbox"/> 물질대사	적응과 진화	발생과 생장
<input checked="" type="checkbox"/> 물질대사	자극에 대한 반응	적응과 진화
<input checked="" type="checkbox"/> 생식과 유전	발생과 생장	물질대사
<input checked="" type="checkbox"/> 생식과 유전	자극에 대한 반응	적응과 진화
<input checked="" type="checkbox"/> 생식과 유전	발생과 생장	자극에 대한 반응

(가)는 어머니의 형질이 아들에게 유전되는 것이고, (나)는 열 자극에 대한 무조건 반사이다. (다)는 건조한 환경에 대해 적응하고 진화한 결과이다.

## 2 생물의 특성 - 적응과 진화

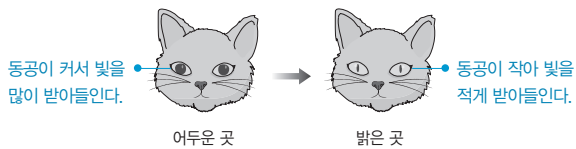
### |선택지 분석|

- ☒ 짚신벌레는 분열법으로 증식한다. **생식**
- ☒ 효모는 포도당을 분해하여 에너지를 얻는다. **물질대사**
- ☒ 파리지옥의 잎에 파리가 앉으면 잎이 접힌다. **자극에 대한 반응**
- ☒ 소나무는 빛에너지를 흡수하여 양분을 합성한다. **물질대사**
- ☒ 사막여우는 귀가 크고 몸집이 작으며, 북극여우는 귀가 작고 몸집이 크다. **적응과 진화**

⑤ 주머니생쥐의 털색이 서식 환경에 따라 다른 것과 사막여우와 북극여우에서 귀와 몸집의 크기가 다른 것은 서식 환경에 대한 적응과 진화의 예이다.

## 3 생물의 특성 - 자극에 대한 반응

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ 항상성
- ☒ 물질대사
- ☒ 발생과 생장
- ☒ 생식과 유전
- ☒ 자극에 대한 반응

어두운 곳에서 밝은 곳으로 이동하면 빛의 세기가 강해지기 때문에 눈으로 들어오는 빛의 양을 줄이기 위해 고양이의 동공이 작아지는 반응이 일어난다.

## 4 생물의 특성 - 항상성

### |선택지 분석|

- ☒ 식물이 빛을 향해 굽어 자란다. **자극에 대한 반응**
- ☒ 심해 어류의 시각이 퇴화되었다. **적응과 진화**
- ☒ 위에서 펄핀에 의해 단백질이 분해된다. **물질대사(소화-이화 작용)**
- ☒ 나비 애벌레가 번데기를 거쳐 성충이 된다. **발생과 생장**
- ☒ 식사 후 혈당량이 높아지면 인슐린의 작용으로 혈당량이 낮아진다. **항상성**

⑤ 운동 전후에 체온을 일정하게 유지하는 것과 식사 후에 인슐린이 분비되어 혈당량을 일정하게 유지하는 것은 항상성의 예이다.

**바로알기** ② 심해 어류는 어두운 환경에 적응하여 시각이 퇴화되었다.

## 5 생물의 특성 - 유전

### |선택지 분석|

- ☒ ① 식물은 광합성을 통해 양분을 합성한다. **물질대사**
- ☒ ② 개구리 알은 올챙이를 거쳐 개구리가 된다. **발생과 생장**
- ☒ ③ 아버지가 가진 특정 형질이 딸에서도 나타난다. **유전**
- ☒ ④ 지렁이에 빛을 비추면 어두운 곳으로 이동한다. **자극에 대한 반응**
- ☒ ⑤ 살충제를 지속적으로 살포하면 살충제 저항성 바퀴벌레가 증가한다. **적응과 진화**

①은 빅토리아 여왕의 딸들이 가진 혈우병 유전자가 자손에게 전해져 나타난 현상이며, 생물의 특성 중 유전에 해당한다.

③ 아버지의 특정 형질 유전자가 딸에게 전달되어 딸에서도 특정 형질이 나타난 것이므로 유전의 예에 해당한다.

**바로알기** ① 광합성은 물질대사 중 동화 작용의 예이다.

② 개구리가 수정란, 올챙이를 거쳐 개구리가 되는 것은 발생과 생장의 예이다.

④ 지렁이가 빛을 피해 이동하는 것은 자극에 대한 반응이다.

⑤ 살충제를 지속적으로 살포하면 살충제 저항성 바퀴벌레가 더 많이 살아남는 과정이 반복된다. 이는 적응과 진화의 예이다.

## 6 생물의 특성

### |선택지 분석|

- ☒ ㉠ ㉠ 과정에는 효소가 관여한다.
- ☒ ㉡ ㉡은 물질대사 중 동화 작용에 해당한다. **이화 작용**
- ☒ ㉢ ㉢을 통해 체내 삼투압을 일정하게 유지할 수 있다.

㉠. ㉠은 물질대사 중 이화 작용에 해당한다. 물질대사는 생물의 몸속에서 일어나는 모든 화학 반응으로 효소가 관여한다.

㉢. 갈매기는 ㉢과 같이 염분 농도가 높은 물을 콧구멍으로 배출하여 바닷물을 마셔도 삼투압을 일정하게 유지할 수 있다.

**바로알기** ㉢. ㉢은 물질대사 중 이화 작용에 해당한다.

## 7 바이러스의 특성

### |선택지 분석|

- ☒ 세균보다 크기가 크다. **작다.**
- ☒ 살아 있는 세포 내에서만 증식할 수 있다.
- ☒ 핵산이 다음 세대를 만드는 유전 물질로 사용되었다.

㉢. (나)에서 병원체 A는 인공 배지에서는 증식하지 못하였지만, 건강한 담뱃잎에서는 증식하여 병을 일으켰다. 따라서 병원체 A는 살아 있는 세포 내에서만 증식할 수 있다.

㉢. (다)에서 병원체 A의 핵산을 바른 담뱃잎에서만 병이 나타났으므로 핵산이 유전 물질로 사용되어 병원체 A가 담배 세포 내에서 증식하였음을 알 수 있다.

**바로알기** ㉠. (가)의 여과액에서 병원체 A가 추출되었으므로 병원체 A는 세균보다 크기가 작아 세균 여과기를 통과한다.

## 8 바이러스와 생물의 특성 비교

### |선택지 분석|

- ☒ ㉠ '세포로 되어 있다.'는 ㉠에 해당한다.
- ☒ ㉢ '핵산을 가지고 있다.'는 ㉢에 해당한다.
- ☒ ㉡ '독립적으로 물질대사를 한다.'는 ㉡에 해당한다. ㉠

ㄱ. 생물인 짚신벌레는 세포로 되어 있고, 독감 바이러스는 세포로 되어 있지 않다. 따라서 '세포로 되어 있다.'는 짚신벌레에만 해당되는 특징 ㉠에 해당한다.

ㄴ. 짚신벌레와 독감 바이러스는 모두 유전 물질인 핵산을 가지므로 '핵산을 가지고 있다.'는 짚신벌레와 독감 바이러스의 공통점인 ㉡에 해당한다.

**바로알기** ㄷ. 독감 바이러스는 자신의 효소가 없으므로 숙주 세포 밖에서는 물질대사를 하지 못한다. 따라서 '독립적으로 물질대사를 한다.'는 짚신벌레에만 해당되는 특징 ㉢에 해당한다.

## 9 바이러스의 생물적 특성과 비생물적 특성

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠으로부터 페니실린이 발견되었다.
- ㉡ ㉡은 스스로 물질대사를 하지 못한다.
- ㉢ ㉠과 ㉡은 모두 유전 물질을 가진다.

ㄱ. 푸른곰팡이(㉠)는 세균의 증식을 억제하는 페니실린을 분비하며, 플레밍은 이를 발견하여 최초의 항생제 개발에 기여하였다.

ㄴ. 인플루엔자 바이러스(㉡)는 단백질을 합성할 수 있는 세포 소기관이 없어 효소를 합성할 수 없으므로 독자적으로 물질대사를 하지 못한다.

ㄷ. 푸른곰팡이(㉠)와 인플루엔자 바이러스(㉡)는 공통적으로 단백질과 유전 물질인 핵산을 가진다.

## 10 대조 실험과 변인 통제

### [선택지 분석]

	㉠	㉡
㉠	증류수	소화 효소 X + 증류수
㉡	증류수	녹말 + 증류수
㉢	엽산 + 증류수	녹말 + 증류수
㉣	녹말 + 증류수	증류수
㉤	소화 효소 X + 증류수	증류수

시험관 II에서만 녹말이 분해되었고, 소화 효소 X가 녹말을 분해한다는 결론을 얻었다. 따라서 시험관 II에 첨가한 물질(㉡)에는 소화 효소 X가 들어 있어야 하므로 ㉡은 소화 효소 X와 증류수이다. 시험관 I은 시험관 II에서 나타난 실험 결과를 비교하기 위한 대조군이므로 시험관 I에 첨가한 물질 ㉠에는 소화 효소 X를 제외한 나머지 조건을 같게 하기 위해 증류수를 넣는다.

## 11 연역적 탐구 과정

### [선택지 분석]

- ㉠ (나) → (가) → (마) → (다) → (라)
- ㉡ (나) → (마) → (다) → (라) → (가)
- ㉢ (나) → (마) → (라) → (다) → (가)
- ㉣ (마) → (나) → (라) → (다) → (가)
- ㉤ (마) → (라) → (다) → (가) → (나)

연역적 탐구 과정은 '관찰 및 문제 인식 → 가설 설정 → 탐구 설계 및 수행 → 탐구 결과 정리 및 해석 → 결론 도출'의 단계로 진행된다. (나) 관찰 및 문제 인식을 한 후 (마) 가설을 설정한다. 이후 (라) 변인을 고려하여 대조 실험을 한 후, (다) 실험 결과를 해석하여 (가) 결론을 도출한다.

## 12 대조 실험과 변인 통제

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 실험군이다. **대조군**
- ㉡ **종속변인**은 세균 처리 조건이고, **조작 변인**은 냉해 발생 여부이다. **조작 변인** **종속변인**
- ㉢ (나)와 (라)를 비교하면 세균 Y가 세균 X에 의한 냉해 발생을 억제한다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. (나)와 (라)에서 세균 X만 처리하면 냉해가 발생하지만, 세균 X와 Y를 함께 처리하면 냉해가 발생하지 않았다. 따라서 세균 Y가 세균 X에 의한 냉해 발생을 억제한다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 세균을 처리하지 않은 대조군이다.

ㄴ. 세균 처리 조건이 조작 변인이고, 실험 결과인 냉해 발생 여부는 종속변인이다.

## 13 연역적 탐구 방법

### [선택지 분석]

- ㉠ A는 대조군이고, B는 실험군이다. **솔잎 추출물을 뿌린 A는 실험군**
- ㉡ (다)에서 종자를 심을 때 화분 A와 B에서 종자 사이의 거리는 같게 한다.
- ㉢ 이 실험의 가설은 '솔잎에서 분비되는 물질이 식물 I의 종자 발아를 억제할 것이다.'가 될 수 있다.

ㄴ. (다)에서 화분 A와 B의 솔잎 추출물 처리 유무를 제외한 모든 조건은 동일하게 해야 하므로 종자 사이의 거리는 같게 한다.

ㄷ. 솔잎 추출물의 유무에 따른 종자의 발아율을 조사하였으므로 이 실험은 솔잎에서 분비되는 물질이 종자의 발아에 어떤 영향을 주는지 알아보기 위한 것이다.

**바로알기** ㄱ. A가 실험군이고, B가 대조군이다.

## 수능 3점 공부하기

본책 17쪽~19쪽

1 ㉢	2 ㉣	3 ㉣	4 ㉡	5 ㉢	6 ㉤
7 ㉠	8 ㉠	9 ㉠	10 ㉡	11 ㉣	12 ㉤

## 1 생물의 특성

### [선택지 분석]

- ㉠ 짚신벌레가 분열하는 것은 (가)와 관련 있다. (나) **생식**
- ㉡ 수정란이 완전한 개체가 되는 것은 (나)와 관련 있다. (가) **발생**
- ㉢ 선인장이 잎이 변해서 된 가시를 가지고 줄기에 물을 저장하는 것은 종족 유지 현상과 관련 있다. **적응과 진화의 예**

(가)는 개체 유지 현상에 속하는 발생이고, (나)는 종족 유지 현상에 속하는 생식이다.

ㄷ. 선인장은 형태와 구조가 건조한 사막 환경에 서식하기 유리하도록 적응하고 진화함으로써 종을 유지한다.

**바로알기** ㄱ. 단세포 생물인 짚신벌레는 분열하여 개체 수를 늘리므로 짚신벌레가 분열하는 것은 생식(나)에 해당한다.

ㄴ. 수정란이 세포 분열을 하여 세포 수를 늘리고 조직과 기관을 형성하여 완전한 개체가 되는 것은 발생(가)이다.



## 2 생물의 특성

### [자료 분석]

(가) 밝은 곳에 해캄과 호기성 세균을 두었더니 호기성 세균이  
㉠ 해캄의 엽록체가 있는 부위에 모여들었다.

→ 해캄의 엽록체에서 광합성이 일어나 산소가 생성된다.

(나) 어두운 곳에 해캄과 호기성 세균을 두고 해캄의 엽록체가 있는 부위와 엽록체가 없는 부위에 백색광을 비추었더니 엽록체가 있는 부위에 ㉡ 호기성 세균이 모여들었다.

→ 엽록체가 있는 부위에서만 산소가 생성되고 이곳에 호기성 세균이 모인다. → 호기성 세균의 생명 활동에 산소가 필요하다.



### [선택지 분석]

㉠ ㉠에서는 물질대사가 일어난다.

㉡ ㉡은 자극에 대한 반응과 관련이 있다.

❌ (가)와 (나)의 결과를 통해 해캄의 생명 활동에 호기성 세균이 필요하다는 것을 알 수 있다. 호기성 세균의 생명 활동에 산소가 필요하다.

㉠. 해캄의 엽록체(㉠)에서는 광합성이 일어난다. 광합성은 물질 대사 중 동화 작용에 해당한다.

㉡. 해캄의 엽록체에서는 빛이 비치면 광합성이 일어나 산소가 생성된다. 이 때문에 호기성 세균이 백색광을 비추는 부위에 모여드는 데, 이것은 자극에 대한 반응에 해당한다.

바로알기 ㉡. 해캄의 엽록체에만 호기성 세균이 모여들므로 해캄의 광합성으로 호기성 세균의 생명 활동에 필요한 산소가 생성된다는 것을 알 수 있다.

## 3 생물의 특성 - 물질대사

### [선택지 분석]

㉠ '생물은 물질대사를 한다.'라는 것을 전제로 한 실험이다.

㉡ (나)에서 플라스크는 멸균하여 사용해야 한다.

❌ 생수에 미생물이 있다면 (다)에서 시간이 지날수록 용액 속 산소의 양이 점차 증가할 것이다. 감소

㉠. 이 실험에서는 미생물이 있다면 포도당을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻을 것이라고 가정하고, 이 과정에서 소비되는 산소의 양을 측정한다. 따라서 '생수에 미생물이 있다면 세포 호흡(물질대사)을 한다.'라는 것을 전제로 한 실험이다.

㉡. 생수에 미생물이 있는지를 알아보기 위한 실험이므로 플라스크의 미생물이 실험에 영향을 주지 않도록 플라스크는 멸균하여 사용해야 한다.

바로알기 ㉡. 생수에 미생물이 있다면 세포 호흡이 일어나 포도당과 산소가 소모되어 그 양이 감소할 것이다.

## 4 생물의 특성 - 적응과 진화

### [선택지 분석]

❌ ㉠에서 핀치는 종이 달라도 유전적으로 같다. 다르다.

❌ 먹이의 종류가 바뀌면 핀치가 부리 모양을 짧은 시간 안에 바꾼다.

㉡ 이 현상은 생물의 특성 중 적응과 진화로 설명할 수 있다.

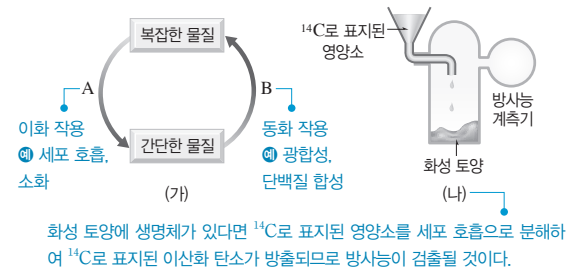
㉡. 핀치 개체들의 부리 모양에 변화가 있고, 섬마다 먹이 환경이 달라서 그에 적합한 부리를 가진 핀치들이 자연 선택되었다. 이것은 적응과 진화의 예이다.

바로알기 ㉠. 서로 다른 종은 유전적으로 다르다.

㉡. 먹이의 종류에 따라 부리 모양을 바꾼 것이 아니라 먹이의 종류가 바뀌면 그 먹이를 먹기에 유리한 모양의 부리를 가진 핀치가 더 많이 살아남아 자손을 남기는 과정이 반복되어 특정 모양의 부리를 가진 핀치가 주로 살게 된다.

## 5 생물의 특성 - 물질대사

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

㉠ A와 B에는 모두 효소가 필요하다.

㉡ (나)는 화성 토양에 A와 같은 물질대사를 하는 생명체가 있는지 여부를 알아보는 실험이다.

❌ (나)에서 방사능 계측기는  $^{14}\text{C}$ 로 표지된 영양소가 합성되는 양을 측정하기 위한 것이다.  $^{14}\text{C}$ 로 표지된 이산화 탄소가 생성되는지 여부를 알아보기 위한 것이다.

㉠. 이화 작용(A), 동화 작용(B)과 같은 물질대사에는 모두 효소가 필요하다.

㉡. (나)는 화성 토양에 세포 호흡을 하는 생명체가 있는지를 알아보는 실험이며, 세포 호흡은 이화 작용(A)이다.

바로알기 ㉡. 방사능 계측기는  $^{14}\text{C}$ 로 표지된 영양소를 생명체가 세포 호흡에 사용할 경우 발생하는  $^{14}\text{CO}_2$ 를 측정하기 위한 것이다.

## 6 바이러스의 생물적 특성과 비생물적 특성

### [선택지 분석]

❌ (가)는 세포막을 갖는다. 가지지 않는다.

㉡ (나)는 자신의 효소를 이용하여 물질대사를 한다.

㉢ (가)와 (나)는 모두 핵산을 가지고 있다.

㉡. 동물 세포(나)는 리보솜에서 합성한 단백질을 이용하여 효소를 만들어 물질대사를 한다.

㉢. 바이러스(가)와 동물 세포(나)는 모두 핵산과 단백질을 가진다.

바로알기 ㉠. 바이러스(가)는 세포의 구조를 갖추지 않으며, 세포막이 없고 리보솜과 같은 세포 소기관이 없다.

## 7 바이러스의 생물적 특성과 비생물적 특성

### [선택지 분석]

㉠ A는 세포의 구조를 갖추지 못하였다.

❌ A와 B는 모두 세포 분열을 통해 증식한다.

대장균(B)만 세포 분열을 통해 증식한다.

❌ A는 B의 효소와 유전 물질을 이용하여 증식한다.

박테리오파지(A)는 대장균(B)의 효소를 이용한다.

A는 박테리오파지(바이러스)이고, B는 대장균(세균)이다.

ㄱ. 바이러스인 박테리오파지(A)는 세포의 구조를 갖추지 못하며, 세포막으로 싸여 있지 않고 단백질을 합성하는 리보솜과 같은 세포 소기관이 없다.

**바로알기** ㄴ, ㄷ. 박테리오파지(A)는 자신의 유전 물질을 숙주 세포인 대장균(B) 내로 주입하고 자신의 유전 물질과 대장균(B)의 효소를 이용하여 유전 물질을 복제하고 단백질 껍질을 합성하여 증식한다.

## 8 바이러스의 생물적 특성과 비생물적 특성

### [자료 분석]

구분	특징 ㉠	특징 ㉡
초파리 A	○	○
B	×	○

• 박테리오파지 (○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징 (㉠, ㉡)

• 세포막이 있다. 특징 ㉠  
• 유전 물질이 있다. 특징 ㉡

(나)

- 초파리는 세포로 이루어져 있는 생물이므로 세포막과 유전 물질이 모두 있다. → 특징 ㉠과 ㉡이 모두 있는 A가 초파리이다.
- 박테리오파지는 세포막이 없으며, 유전 물질이 있다. → 특징 ㉡만 있는 B가 박테리오파지이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ A는 유성 생식으로 개체 수를 늘린다.
- ㉡ B는 세포 소기관을 가진다. **가치 없음**.
- ㉢ 세균은 B와 같은 특징을 가진다. A

ㄱ. 초파리(A)는 암수 개체에서 만들어진 생식세포인 난자와 정자가 수정하여 자손이 생기므로, 유성 생식으로 개체 수를 늘린다.

**바로알기** ㄴ. 박테리오파지(B)는 바이러스로 세포막이 없고 리보솜과 같은 세포 소기관을 가지지 않는다.

ㄷ. 세균은 세포막과 유전 물질을 모두 가진다. 따라서 초파리(A)와 같은 특징을 가진다.

## 9 귀납적 탐구 방법

### [선택지 분석]

- ㉠ 귀납적 탐구 방법에 해당한다.
- ㉡ ㉠은 가설에 해당한다. **결론**
- ㉢ ㉠은 변인을 인위적으로 변화시켜 검증되었다. **관찰한 사실을 종합하여 도출되었다.**

ㄱ. 과학자가 오랫동안 관찰한 사실을 종합하여 일반적인 원리를 도출하였으므로 귀납적 탐구 방법을 이용한 것이다.

**바로알기** ㄴ, ㄷ. 자연 현상을 관찰하면서 생긴 의문점을 해결하기 위해 가설을 설정하고 변인을 조작하여 이를 검증하는 것은 연역적 탐구 방법에서 이루어진다. ㉠은 관찰한 자료를 종합하여 도출한 결론에 해당한다.

## 10 실험군과 대조군

### [선택지 분석]

- ㉠ 고기 조각을 넣은 병을 환기가 되지 않는 밀폐된 곳에 둔다. **입구를 막아 환기가 잘 되는 곳에 둔다.**
- ㉡ 동일한 종류의 다른 병에 고기 조각을 넣고 입구를 막은 후 같은 조건으로 실험한다.
- ㉢ 병 속의 구더기가 어떤 종류의 파리로 부터 생긴 유충인지 **확인한다. 확인하지 않아도 된다.**

ㄴ. 구더기가 고기로부터 발생한 것인지, 외부에서 파리가 날아 들어와 알을 낳아 생긴 것인지 구분하려면 동일한 종류의 다른 병에 고기 조각을 넣고 입구를 막은 후 같은 환경에 두어 대조 실험을 해야 한다.

**바로알기** ㄱ. 파리가 병 속으로 들어가지 못하게 하는 장치가 추가로 필요하며, 실험군과 함께 환기가 잘 되는 곳에 두어야 한다.

ㄷ. 구더기가 어떤 원인으로 발생하는지 알아보기 위한 탐구이므로 파리의 종류를 확인하는 과정을 반드시 거쳐야 하는 것은 아니다.

## 11 대조 실험과 변인 통제

### [자료 분석]

구분	탄저병 백신	탄저균
집단 A	㉠ 주사	2주 후 주사
집단 B	㉡ 주사 안 함	㉢ 2주 후 주사

• 탄저병에 걸리지 않았으므로 백신을 주사한 실험군이다. • 가설을 검증하기 위해 두 집단에 다르게 처리한다.

• 탄저병 백신을 주사하지 않은 대조군이다. • 두 집단에 동일하게 처리한다.

탄저병 백신 주사 여부는 조작 변인이고, 탄저균 주사는 통제 변인이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 '주사', ㉡은 '주사 안 함'이다.
- ㉢ ㉢은 '2주 후 주사 안 함'이다. **2주 후 주사**
- ㉣ 집단 B는 집단 A와 실험 결과를 비교하기 위한 대조군이다.

탄저병 백신이 탄저병을 예방하는 데 효과가 있다는 결론을 얻었으므로 탄저병에 걸리지 않은 집단 A에는 탄저병 백신을 주사하였을 것이다. 집단 B는 모두 탄저병에 걸렸으므로 탄저병 백신을 주사하지 않은 대조군이다.

ㄱ. 실험군(집단 A)에는 탄저병 백신을 ㉠ '주사', 대조군(집단 B)에는 탄저병 백신을 ㉡ '주사 안 함'으로 처리한다.

ㄷ. 대조군은 실험군의 실험 결과를 비교하기 위한 집단으로, 이를 통해 실험 결과의 타당성을 높인다.

**바로알기** ㄴ. 탄저균 주사는 실험군과 대조군에서 같게 유지해야 하는 통제 변인이다. 따라서 ㉢은 '2주 후 주사'이다.

## 12 대조 실험과 변인 통제

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 가설 설정 단계이다. **관찰 및 문제 인식**
- ㉡ (나)에서 집단 A가 실험군이다.
- ㉢ (나)에서 집단 A와 B의 서식 환경을 같게 한다.
- ㉣ 결론의 타당성을 높이려면 (다)에서 결핵에 걸린 토끼의 혈액에 세균 X가 있는지를 확인한다.

ㄴ. (가)에서 관찰한 문제에 대한 가설에는 '세균 X가 결핵을 유발할 것이다.'가 해당된다. 따라서 세균 X를 주사한 집단 A가 실험군이고, 세균 X를 주사하지 않은 집단 B는 대조군이다.

ㄷ. 대조 실험을 할 때에는 조작 변인인 세균 X의 주사 여부를 제외한 나머지 독립변인은 실험군과 대조군에서 같게 처리해야 한다. 따라서 집단 A와 B의 토끼는 서식 환경을 같게 해야 한다.

ㄹ. 결핵에 걸린 토끼의 혈액에서 세균 X가 검출되어야 세균 X에 의해 결핵이 발생한다고 확실하게 결론지을 수 있다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 관찰 및 문제 인식 단계이다.

# II 사람의 물질대사

## 02 생명 활동과 에너지

### 개념 확인 문제

본책 23쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ×    2 (1) ㉠ 동화, ㉡ 이화 (2) (나)    3 ㉢ 산소, ㉣ 이산화 탄소    4 (1) ATP (2) ADP (3) ATP

1 (1) 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응이며, 생물이 살아가기 위해서는 물질대사가 끊임없이 일어나야 한다.  
(2) 물질대사는 체온 범위의 낮은 온도에서 일어나는데, 이는 생체 촉매인 효소가 관여하기 때문이다. 물질대사가 일어날 때는 에너지가 흡수되거나 방출된다.  
(3) 효소의 주성분은 단백질이며, 사람의 경우 40℃ 이상의 높은 온도에서는 효소가 변성되어 기능을 상실하므로 물질대사가 잘 일어나지 않는다.

2 (1) (가)는 저분자 물질이 고분자 물질로 합성되므로 동화 작용이고, (나)는 고분자 물질이 저분자 물질로 분해되므로 이화 작용이다.  
(2) 녹말 소화는 고분자 물질인 녹말이 저분자 물질인 포도당으로 분해되는 과정이므로 이화 작용이고, 세포 호흡은 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하는 과정이므로 이화 작용이다.

3 세포 호흡에서는 포도당이 산소에 의해 산화되고, 그 결과 이산화 탄소와 물이 생성된다. 따라서 기체 ㉠은 산소, 기체 ㉡은 이산화 탄소이다.

4 (1) 세포 호흡으로 포도당에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 화학 에너지 형태로 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.  
(2), (3) ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해될 때 방출된 에너지는 여러 가지 형태의 에너지로 전환되어 근육 운동, 발생, 정신 활동, 성장 등 다양한 생명 활동에 이용된다.

### 수능 자료 마스터

본책 24쪽

- 자료 ㉠ 1 ⑤    자료 ㉡ 2 ④

1 (가)는 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 합성하는 과정이므로 광합성이다. (나)는 산소를 이용해 포도당을 분해하여 이산화 탄소와 물을 생성하고, 이 과정에서 에너지가 방출되므로 세포 호흡이다.  
나. 광합성(가)은 식물 세포의 엽록체에서 일어난다.

다. 세포 호흡은 생명 활동에 필요한 에너지를 생성하는 과정이므로 동물뿐 아니라 식물에서도 일어난다.

바로알기 ㉠. 세포 호흡(나)에서 포도당의 분해로 방출된 에너지의 일부만 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지 형태로 방출된다.

2 나. 세포 호흡은 물질대사이므로 반드시 효소가 필요하다.  
다. 포도당의 분해로 방출된 에너지의 일부만 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지 형태로 방출된다.

바로알기 ㉠. ㉠은 이산화 탄소이다. 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 아미노산의 분해로 생성되며, 포도당의 분해에서는 생성되지 않는다.

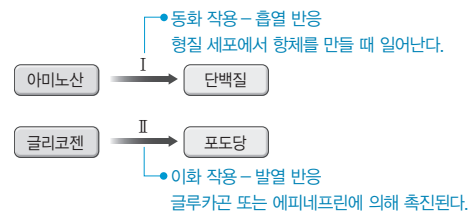
### 수능 2점 다지기

본책 25쪽~27쪽

- 1 ③    2 ⑤    3 ④    4 ③    5 ②    6 ④  
7 ③    8 ④    9 ③    10 ①    11 ⑤    12 ⑤

### 1 물질대사

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ㉠ I은 동화 작용이다.  
㉡ I은 생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 많다.  
X 인슐린은 간에서 II를 촉진한다. 글루카곤

㉠. I은 저분자 물질인 아미노산이 고분자 물질인 단백질로 합성되는 과정이므로 동화 작용이다.

나. I은 동화 작용이다. 동화 작용은 에너지가 흡수되는 흡열 반응으로, 생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 많다.

바로알기 ㉡. 인슐린은 이자에서 분비되는 혈당량 조절 호르몬으로, 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 반응을 촉진하여 혈당량을 낮추는 역할을 한다. II는 이자에서 분비되는 글루카곤과 부신 속질에서 분비되는 에피네프린에 의해 촉진된다.

### 2 광합성과 세포 호흡

#### |선택지 분석|

- ㉠ (가)에서 동화 작용이 일어난다.  
㉡ (나)에서 ATP가 합성된다.  
㉢ 식물에서 (나)가 일어난다.

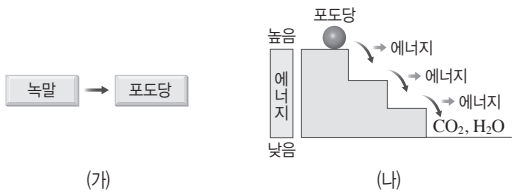
㉠. (가)는 빛에너지를 흡수하여 포도당을 합성하는 광합성이며, 물질을 합성하는 동화 작용이 일어난다.

나. (나)는 포도당을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 세포 호흡이다. 세포 호흡에서는 포도당의 화학 에너지 일부가 ATP 합성에 이용된다.

다. 세포 호흡은 동물뿐 아니라 식물에서도 일어난다.

### 3 물질대사와 에너지

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ☒ (가)는 흡열 반응이다. 발열
- ☒ (나)는 이화 작용이다.
- ☒ (나)에서 각 단계마다 효소가 작용한다.

나. (나)는 세포에서 포도당이 여러 단계에 걸쳐 이산화 탄소와 물로 분해되는 과정으로 세포 호흡이다. 세포 호흡은 이화 작용이다.

다. 세포 호흡은 물질대사이며, 물질대사의 각 단계마다 효소가 작용한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 고분자 물질인 녹말이 저분자 물질인 포도당으로 분해되므로 이화 작용이며, 에너지를 방출하는 발열 반응이다.

### 4 물질대사

#### [선택지 분석]

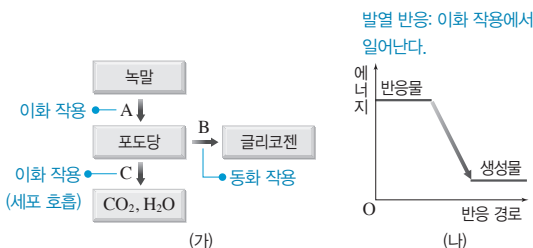
- ☒ A ☒ B ☒ A, C
- ☒ B, C ☒ A, B, C

- 학생 A: 단백질 합성 장소인 리보솜에서는 작은 분자인 아미노산을 결합하여 큰 분자인 단백질을 합성한다. 이 과정은 에너지가 흡수되는 동화 작용이다.
- 학생 C: 식물에서 빛에너지를 포도당의 화학 에너지로 전환하는 과정은 광합성이며, 광합성은 물질대사이므로 반응에 반드시 효소가 관여한다.

바로알기 • 학생 B: 물질대사는 물질을 합성하거나 분해하는 과정이 모두 포함되며, 물질을 합성할 때에는 에너지의 흡수가, 물질을 분해할 때에는 에너지의 방출이 일어난다. 따라서 물질대사에서 반드시 에너지가 방출되는 것은 아니다.

### 5 물질대사와 에너지 변화

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ☒ A와 B에서 모두 (나)와 같은 변화가 나타난다. A와 C
- ☒ B는 미토콘드리아에서 일어난다. C의 과정의 일부는
- ☒ B와 C에서 모두 효소가 이용된다.

다. A, B, C는 모두 물질대사이므로 반드시 효소가 관여한다.

바로알기 ㄱ. A는 녹말이 포도당으로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다. C는 포도당이 산화되어 이산화 탄소와 물로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다. (나)는 반응물의 에너지양이 생성물의 에너지양보다 많으므로 발열 반응이다. 발열 반응은 A, C와 같은 이화 작용에서 일어난다.

나. B는 포도당이 글리코젠으로 합성되는 과정으로, 세포질에서 일어난다. 미토콘드리아에서는 C 과정의 일부가 일어난다.

### 6 세포 호흡

#### [선택지 분석]

- ☒ ③은 O<sub>2</sub>이다.
- ☒ 폐포 모세 혈관에서 폐포로의 ⑥ 이동에는 ATP가 사용된다. 사용되지 않는다.
- ☒ 세포 호흡에는 효소가 필요하다.

ㄱ. 세포 호흡에서는 포도당의 산화에 O<sub>2</sub>가 이용되고, 세포 호흡 결과 CO<sub>2</sub>가 발생한다. 따라서 ③은 O<sub>2</sub>, ⑥은 CO<sub>2</sub>이다.

다. 세포 호흡은 물질대사이므로 효소가 필요하다.

바로알기 나. 폐포 모세 혈관에서 폐포로 CO<sub>2</sub>(⑥)가 이동하는 원리는 확산이므로 에너지(ATP)를 필요로 하지 않는다.

### 7 세포 호흡과 에너지 전환

#### [선택지 분석]

- ☒ (가)는 세포 호흡 과정이다.
- ☒ (나)는 이화 작용이다. 동화
- ☒ 포도당이 분해될 때 방출되는 에너지의 일부가 ATP에 저장된다.

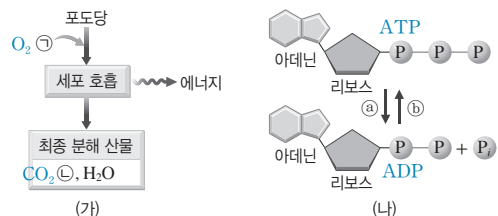
ㄱ. (가)는 포도당을 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지인 ATP를 생성하는 세포 호흡 과정이다.

다. 포도당이 분해될 때 에너지가 방출되며, 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

바로알기 나. (나)는 단당류인 포도당이 다당류인 녹말로 합성될 때 ATP가 이용되는 과정을 나타낸 것이다. 포도당과 같이 작고 간단한 물질을 녹말과 같이 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정은 동화 작용이다.

### 8 세포 호흡과 ATP와 ADP 사이의 전환

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ☒ ①은 CO<sub>2</sub>이다. O<sub>2</sub>
- ☒ 미토콘드리아에서 (나)의 ⑥ 과정이 일어난다.
- ☒ (가)에서 생성된 에너지의 일부는 체온 유지에 이용된다.

나. 미토콘드리아는 세포 호흡이 일어나는 장소이며, 세포 호흡에서 방출된 에너지의 일부는 ⑥ 과정에 사용되어 ATP가 합성된다.



ㄷ. (가)에서 생성된 에너지의 일부는 ATP에 저장되며, ATP의 분해로 방출된 에너지는 체온 유지, 물질 합성 등 다양한 생명 활동에 이용된다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은  $O_2$ , ㉡은  $CO_2$ 이다.

## 9 에너지의 전환과 이용

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠과 ㉡ 과정이 모두 일어나는 기관 중에는 간이 있다.
- ✗ 글루카곤의 작용으로 ㉡ 과정이 촉진된다. **인슐린**
- ㉡ ㉡ 과정에서 방출된 에너지의 일부는 ㉡ 과정에 이용된다.

ㄱ. 간에서는 (가)와 같은 글리코젠과 포도당의 전환 과정이 모두 일어난다.

ㄷ. ㉡ 과정은 동화 작용이므로 흡열 반응이다. 따라서 ATP의 분해(㉡ 과정)로 발생한 에너지가 이용된다.

**바로알기** ㄴ. ㉡ 과정은 인슐린의 작용으로 촉진된다.

## 10 에너지의 전환과 이용

### [선택지 분석]

- ㉠ 물질 합성에는 ATP에 저장된 에너지가 사용된다.
- ✗ 포도당의 에너지는 모두 ATP의 화학 에너지로 전환된다. **일부만**
- ✗ 1분자당 에너지량은 ㉠이 ㉡보다 **많다**. **적다**.

ㄱ. ATP에 저장된 에너지는 물질 합성, 근육 운동, 능동 수송, 체온 유지 등의 생명 활동에 사용된다.

**바로알기** ㄴ. 세포 호흡에 의해 포도당의 화학 에너지 중 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

ㄷ. ㉠은 ADP, ㉡은 ATP이다. 1분자당 에너지량은 ㉠(ADP)보다 ㉡(ATP)이 많다.

## 11 물질대사와 ATP와 ADP 사이의 전환

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠에서 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.
- ㉡ ㉠ 과정에서 ATP에 저장된 에너지가 방출된다.
- ㉢ ㉡에서 ㉢ 과정이 일어난다.

㉡는 포도당을 합성하는 과정이므로 광합성이고, ㉢는 포도당을 분해하여 에너지를 방출하는 과정이므로 세포 호흡이다.

ㄱ. ㉡(광합성)에서 빛에너지는 포도당의 화학 에너지로 전환된다.

ㄴ. ㉠은 ATP가 ADP와 무기 인산( $P_i$ )으로 분해되는 과정으로 고에너지 인산 결합이 끊어지므로 ATP에 저장된 에너지가 방출된다.

ㄷ. 세포 호흡(㉢)에서 포도당의 분해로 방출된 에너지의 일부는 ㉡에 이용되어 ATP가 합성된다.

## 12 효모의 발효

### [선택지 분석]

- ✗ 발생한 기체는  $O_2$ 이다.  **$CO_2$**
- ㉡ 시간이 지나면 맥관부 속 용액의 높이가 낮아진다.
- ㉢ 이 실험에서는 효모가  $O_2$ 가 없을 때 포도당을 에탄올로 분해하는 발효가 일어난다.

ㄴ. 맥관부에  $CO_2$  기체가 모여 용액의 높이가 낮아진다.

ㄷ. 효모는  $O_2$ 가 있을 때에는  $O_2$ 를 사용해 세포 호흡을 하여 포도당을 물과  $CO_2$ 로 분해하지만,  $O_2$ 가 없을 때에는 포도당을 에탄올과  $CO_2$ 로 분해하는 알코올 발효를 한다.

**바로알기** ㄱ. 효모가 음료수에 포함된 당을 이용하여 세포 호흡과 발효를 한 결과  $CO_2$ 가 발생한다.

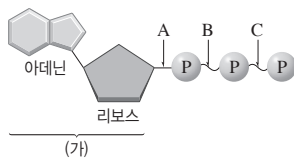
## 수능 3점 골라보기

본책 28쪽~29쪽

- |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 ㉡ | 2 ㉣ | 3 ㉤ | 4 ㉣ | 5 ㉢ | 6 ㉠ |
| 7 ㉣ |     |     |     |     |     |

## 1 ATP의 구조

### [자료 분석]



대부분의 화학 결합이 1몰당 2~3 kcal의 화학 에너지를 가지고 있는데 비해 ATP의 끝 부분에 결합된 2개의 인산은 고에너지 인산 결합을 하고 있어 각각 1몰당 약 7.3 kcal의 화학 에너지를 가지고 있다.

### [선택지 분석]

- ✗ (가)는 **DNA** 뉴클레오타이드에서 발견된다. **RNA**
- ✗ 결합 A에는 결합 B에 비해 더 **많은** 에너지가 저장되어 있다. **적은**
- ㉢ 세포의 생명 활동에는 주로 C 결합이 끊어질 때 방출되는 에너지가 이용된다.

ㄷ. 생명 활동에는 ATP에서 주로 C 결합이 끊어질 때 방출되는 에너지가 이용되며, 그 결과 ADP와 무기 인산이 생성된다.

**바로알기** ㄱ. (가)의 아데노신을 구성하는 당은 리보스이므로 RNA 뉴클레오타이드에서 발견할 수 있다. DNA 뉴클레오타이드를 구성하는 당은 디옥시리보스이다.

ㄴ. ATP에서 인산과 인산 사이의 결합 B와 C는 다른 결합에 비해 훨씬 많은 에너지가 저장되므로 고에너지 인산 결합이라고 한다. 따라서 결합 A보다 결합 B에 더 많은 에너지가 저장되어 있다.

## 2 물질대사

### [자료 분석]

세포 호흡	$O_2$	포도당	$CO_2$	물	일부는 ATP에 저장
(가)	㉠	㉡	㉢	㉣	에너지
(나)	㉤	㉤	에너지	㉠	㉡
광합성	$CO_2$	물	$O_2$	포도당	

- ㉠~㉤은 각각 물,  $O_2$ ,  $CO_2$ , 포도당 중 하나이므로, (가)와 (나)는 각각 물질대사 중 세포 호흡과 광합성 중 하나라는 것을 알 수 있다. 세포 호흡은 이화 작용이므로 에너지를 방출한다. 따라서 (가)는 세포 호흡, (나)는 광합성이다.
- ㉠과 ㉤의 운반에는 호흡계와 순환계가 관여하며,  $O_2$ 는 세포 호흡(가)에서 반응물, 광합성(나)에서 생성물이고,  $CO_2$ 는 세포 호흡(가)에서 생성물, 광합성(나)에서 반응물이다. 따라서 ㉠은  $O_2$ , ㉢은  $CO_2$ 이다. 세포 호흡(가)에서 포도당은 반응물이고, 물은 생성물이다. 따라서 ㉡은 포도당, ㉣은 물이다.

### [선택지 분석]

- ✗ ㉡은 **물**, ㉢은  $CO_2$ 이다. **포도당**
- ㉡ (가)에서 생성된 에너지의 일부는 ATP에 저장된다.
- ㉢ (나)에서는 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.



ㄴ. 세포 호흡(가)에서 포도당의 분해로 생성된 에너지의 일부는 ATP의 화학 에너지로 저장되고, 나머지는 열에너지 형태로 방출된다.

ㄷ. (나)는 광합성이며, 광합성은 빛에너지를 포도당의 화학 에너지로 전환하는 과정이다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 포도당, ㉡은 CO<sub>2</sub>이다.

### 3 세포 호흡과 발효

#### [자료 분석]



세포 호흡은 산소를 필요로 하고, 발효는 산소가 없는 상태에서 일어나므로 (가)는 세포 호흡, (나)는 알코올 발효이다.

#### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 우리 몸에서 가장 많은 양을 차지하는 물질이다.
- ㉡ '효소가 필요하다.'는 ②에 해당한다.
- ㉢ 같은 양의 포도당이 분해될 때 방출되는 에너지의 양은 (가)에서 (나)에서보다 많다.

ㄱ. ㉠은 물로, 우리 몸에서 가장 많은 양을 차지하는 물질이다.  
 ㄴ. 세포 호흡(가)과 알코올 발효(나)는 모두 물질대사이므로, 생체 촉매인 효소가 필요하다.  
 ㄷ. (가)는 포도당이 완전 분해되어 이산화 탄소와 물이 되고, (나)는 포도당이 불완전 분해되어 이산화 탄소와 중간 산물인 에탄올이 된다. 따라서 같은 양의 포도당으로부터 방출되는 에너지의 양은 (가)에서 (나)에서보다 많다.

### 4 세포 호흡과 ATP와 ADP 사이의 전환

#### [선택지 분석]

- ㉠ ②는 O<sub>2</sub>이다.
- ㉡ (가)에서 포도당의 에너지는 모두 ATP에 저장된다. **일부**
- ㉢ 미토콘드리아에서 (나)의 ㉠ 반응이 일어난다.

ㄱ. 세포 호흡은 포도당이 O<sub>2</sub>와 반응하여 CO<sub>2</sub>와 물로 분해되면서 에너지가 방출되므로 ②는 O<sub>2</sub>, ③은 CO<sub>2</sub>이다.  
 ㄷ. ㉠은 ATP가 분해되는 과정, ㉡은 ATP가 합성되는 과정이다. 세포 호흡은 포도당의 에너지를 ATP에 저장하는 과정이므로 미토콘드리아에서 (나)의 ㉠ 반응이 일어난다.

**바로알기** ㄴ. 세포 호흡(가)에서 포도당의 분해로 생성된 에너지의 일부는 ATP에 화학 에너지 형태로 저장되고, 나머지는 열에너지 형태로 방출된다.

### 5 에너지의 전환과 이용

#### [선택지 분석]

- ㉠ ②에서는 이화 작용과 동화 작용이 모두 일어난다.
- ㉡ 단위 부피당 ㉠의 양은 폐포에서 폐포의 모세 혈관에서보다 크다.
- ㉢ (가)에서 방출된 에너지는 모두 기계적 에너지로 전환된다.

ㄱ. ②는 미토콘드리아이다. 미토콘드리아에서는 유기물을 분해하는 세포 호흡이 일어나는데, 세포 호흡은 이화 작용이다. 또한, 세포 호흡에 필요한 효소를 합성하는 동화 작용도 일어난다.

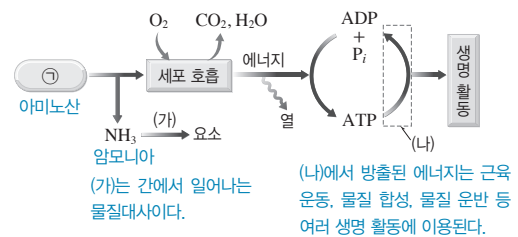
ㄴ. ㉠은 O<sub>2</sub>, ㉡은 CO<sub>2</sub>이다. 단위 부피당 O<sub>2</sub>의 양은 폐포에서 폐포의 모세 혈관에서보다 많고, CO<sub>2</sub>의 양은 폐포에서 폐포의 모세 혈관에서보다 적다.

따라서 단위 부피당 ㉠(O<sub>2</sub>)의 양은 폐포에서 폐포의 모세 혈관에서보다 크다.

**바로알기** ㄷ. (가)에서 방출된 에너지는 화학 에너지, 기계적 에너지, 열에너지, 소리 에너지 등으로 전환되어 물질 합성, 근육 운동, 체온 유지, 발성 등 여러 생명 활동에 이용된다.

### 6 세포 호흡과 에너지의 전환

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 물질대사이다.
- ㉡ 글리코젠의 분해로 ㉠이 생성된다. **단백질**
- ㉢ 세포막을 통한 물의 이동에는 (나) 과정에서 방출된 에너지가 이용된다. **이용되지 않는다.**

ㄱ. (가)는 세포 내에서 일어나는 물질의 변화이므로 물질대사이다.  
 ㄴ. ㉠이 세포 호흡에 이용되기 전에 암모니아가 생성되므로 ㉠은 암모니아이고, 암모니아는 단백질의 분해로 생성된다. 글리코젠은 수많은 포도당이 결합한 다당류로, 글리코젠이 분해되면 포도당이 생성된다.

ㄷ. 세포막을 통한 물의 이동은 확산의 일종인 삼투에 의해 일어나므로 ATP가 ADP와 무기 인산(P<sub>i</sub>)으로 분해되는 과정(나)에서 방출된 에너지가 이용되지 않는다.

### 7 효모의 발효

#### [선택지 분석]

- ㉠ A는 ㉡이다. ㉢
- ㉡ 20분 후 B에는 에탄올이 생성되어 있다.
- ㉢ KOH은 ㉠에 해당한다.

ㄴ. 효모는 산소가 없는 상태에서 포도당, 갈락토오스를 호흡 기질로 이용해 발효를 하여 에탄올과 이산화 탄소를 생성한다. 호흡 기질을 포도당으로 사용했을 때가 갈락토오스를 사용했을 때보다 발효가 더 잘 일어나므로 B는 ㉡, C는 ㉢이다.

ㄷ. ㉡와 ㉢에서는 ㉠ 수용액을 넣었을 때 맹관부에 모인 기체가 사라지는데, 이는 ㉠ 수용액이 이산화 탄소를 흡수하는 성질이 있기 때문이다. 따라서 KOH은 ㉠에 해당한다.

**바로알기** ㄱ. A에서 증류수는 에너지원이 아니므로 발효가 일어나지 않는다. 따라서 A는 ㉢이다.

## 03 에너지를 얻기위한기관계의 통합적작용

### 개념 확인 문제

본책 31쪽, 33쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○    2 확산    3 순환계    4 (1) 물  
(2) ㉠ 단백질, ㉡ 요소    5 (1) × (2) ○ (3) ×    6 (1) 호흡계  
(2) 소화계 (3) 배설계 (4) 순환계    7 순환계    8 ㄱ, ㄴ    9 (1) 기  
초 대사량 (2) 활동 대사량 (3) 1일 대사량    10 (1) ○ (2) × (3) ×  
(4) ○    11 당뇨병

1 (1) 지방은 소장에서 라이페이스에 의해 지방산과 모노글리세리드로 분해된다.  
(2) 소장에서 최종 소화가 이루어지며, 최종 분해 산물은 소장 내벽의 융털로 흡수된다.  
(3) 지용성 영양소는 융털의 암죽관으로, 수용성 영양소는 융털의 모세 혈관으로 흡수된다.  
(4) 소장의 융털에서 흡수된 영양소는 심장으로 간 후 혈액을 통해 온몸의 세포로 운반된다.

2 폐에서 폐포와 폐포를 둘러싼 모세 혈관 사이에서 산소와 이산화 탄소의 교환은 농도 차이에 따른 확산으로 일어난다.

3 세포 호흡에 필요한 영양소는 소장 융털에서 흡수되어 혈액을 따라 이동하며, 산소는 폐에서 흡수되어 혈액을 따라 이동한다.

4 (1) 탄수화물과 지방은 모두 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있어 세포 호흡에 의해 완전 분해되면 이산화 탄소와 물이 생성된다.  
(2) 단백질은 탄소, 수소, 산소 외에 질소를 포함하므로, 단백질이 세포 호흡의 에너지원으로 사용되면 이산화 탄소와 물 외에 암모니아가 생성된다. 암모니아는 독성이 강하므로 간에서 독성이 약한 요소로 전환된다.

5 (1) 세포 호흡의 결과 발생한 이산화 탄소는 폐를 통해 날숨에 섞여 몸 밖으로 나간다.  
(2) 요소는 혈액을 통해 콩팥으로 운반되며, 콩팥에서 물과 함께 걸러져 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다.  
(3) 물은 여러 가지 생명 활동에 이용되며, 여분의 물은 콩팥을 통해 오줌으로 나가거나 폐를 통해 날숨에 섞여 나간다.

6 (1) 세포 호흡에 필요한 산소는 폐를 통해 흡수되며, 폐는 호흡계에 속한다.  
(2) 음식물 속 영양소를 작은 영양소로 분해하는 과정은 소화이며, 소화는 위, 소장 등이 속한 소화계에서 일어난다.  
(3) 혈액에서 요소와 여분의 물을 걸러 내어 오줌을 생성하는 과정은 콩팥에서 일어나며, 콩팥은 배설계에 속한다.  
(4) 세포 호흡에 필요한 영양소와 산소는 소화계와 호흡계에서 각각 흡수되어 순환계를 통해 이동한다.

7 각 기관계의 사이에서 산소, 이산화 탄소, 영양소, 노폐물 등의 물질 운반을 담당하는 기관계는 순환계이다.

8 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태는 영양 과다 상태이다. 영양 과다 상태가 지속되면 비만이 될 수 있고, 비만은 대사성 질환의 발병률을 높인다. 또한 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적은 영양 부족 상태가 지속되면 체중이 감소하고, 영양 실조에 걸릴 수 있으며, 면역력이 약화된다.

9 (1) 체온 조절, 심장 박동, 혈액 순환 등 생명 활동을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양을 기초 대사량이라고 한다.  
(2) 공부, 운동 등 다양한 활동을 하는 데 소모되는 에너지양을 활동 대사량이라고 한다.  
(3) 1일 대사량은 기초 대사량, 활동 대사량, 음식물의 소화·흡수에 필요한 에너지양을 합한 값이다.

10 (1) 대사성 질환은 물질대사의 이상으로 발생하는 질환으로, 당뇨병, 고혈압 등이 있다.  
(2) 대사성 질환은 잘못된 생활 습관, 과도한 영양 섭취 등에 의해 발생하며, 유전적 요인과 스트레스 등에 의해서도 발생한다.  
(3) 대부분의 대사성 질환은 심혈관계 질환과 뇌혈관계 질환 등의 여러 가지 합병증을 유발한다.  
(4) 대사성 질환은 운동 부족, 영양 과잉 등으로 발생하므로, 균형 잡힌 식사와 규칙적인 운동을 통해 예방할 수 있다.

11 혈당량이 비정상적으로 높은 상태가 지속되며, 오줌에 당이 섞여 나오는 질환은 당뇨병이다.

### 수능 자료 마스터

본책 34쪽~35쪽

자료 ㉠ 1 ㉢

자료 ㉡ 2 ㉤

자료 ㉢ 3 ㉦

1 ㄱ. ㉠은 폐이며, 폐와 같은 기관은 상피 조직, 신경 조직, 근육 조직, 결합 조직으로 이루어져 있다.

ㄴ. ㉡은 간이며, 간에서는 포도당이 글리코젠으로, 글리코젠이 포도당으로 전환된다.

▶알기 ㄷ. ㉢는 콩팥에서 나오는 혈액이 흐르는 콩팥 정맥, ㉤는 콩팥으로 들어가는 혈액이 흐르는 콩팥 동맥이다. 콩팥에서는 요소를 물과 함께 걸러 오줌을 생성하므로, 단위 부피당 요소의 양은 ㉢의 혈액이 ㉤의 혈액보다 적다.

2 ㄱ. A는 간이며, 간에서 암모니아를 요소로 전환한다.

ㄴ. B는 위이며, 위는 자율 신경의 조절을 받으므로 부교감 신경이 연결되어 있다.

ㄷ. C는 소장이며, 소장 융털에서 지방의 소화 산물인 지방산과 모노글리세리드가 흡수된다.

3 ㄱ. A는  $O_2$ 와  $CO_2$ 의 교환이 일어나므로 호흡계이다. 호흡계는 코, 기관지, 폐 등으로 이루어져 있다.

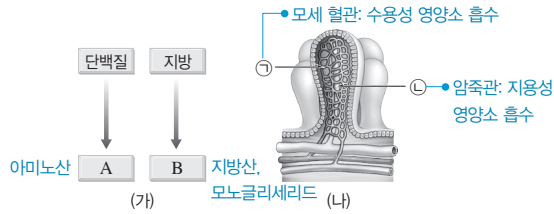
ㄷ. C는 영양소를 소화, 흡수하는 작용을 하므로 소화계이다. 요소를 생성하는 기관은 간이며, 간은 소화계에 속한다.

▶알기 ㄴ. B는 오줌을 몸 밖으로 내보내는 배설계이며, 대장은 소화계(C)에 속한다.

1 ③      2 ⑤      3 ③      4 ④      5 ⑤      6 ⑤  
7 ⑤      8 ④

## 1 영양소의 소화와 흡수

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠으로 흡수된 영양소는 심장을 거쳐 온몸의 세포로 운반된다.  
 ✕ A는 ㉡을 통해 흡수된다. ㉠  
 ㉢ 모노글리세리드는 B에 해당한다.

㉠. (나)의 ㉠은 소장 융털의 모세 혈관이며, ㉡은 암죽관이다. 소장 융털로 흡수된 영양소는 심장을 거쳐 온몸의 조직 세포로 운반된다.

㉢. 지방은 소장에서 라이페이스에 의해 지방산과 모노글리세리드로 분해된다. 따라서 모노글리세리드는 B에 해당한다.

**[바로알기]** ㉢. A는 단백질의 최종 분해 산물이므로 아미노산이다. 아미노산은 수용성 영양소이므로 소장 융털의 모세 혈관(㉠)으로 흡수된다.

## 2 영양소와 산소의 흡수와 이동

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 산소이다.  
 ㉢ ㉢이 분해되어 생성된 에너지의 일부는 ATP에 저장된다.  
 ㉤ ㉤은 호흡계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

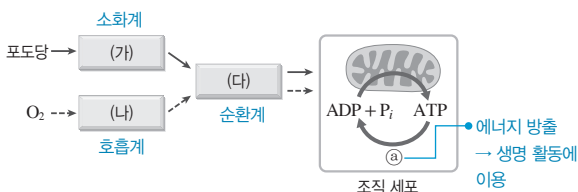
㉠. ㉠은 호흡계를 통해 들어온 산소이다.

㉢. ㉢은 소화계에서 흡수되어 순환계를 통해 운반되는 포도당이다. 포도당이 세포 호흡에 의해 분해되어 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열의 형태로 방출된다.

㉤. ㉤은 세포 호흡 결과 발생한 이산화 탄소이며, 호흡계를 통해 몸 밖으로 나간다.

## 3 영양소와 산소의 흡수와 이동

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서 동화 작용이 일어난다.  
 ㉢ 폐는 (나)에 속한다.      필요하지 않다.  
 ✕ O2가 (나)를 거쳐 (다)로 이동하는 데 ㉡ 과정이 필요하다.

(가)는 소화계, (나)는 호흡계이며, (다)는 각 기관계와 조직 세포를 연결하는 순환계이다.

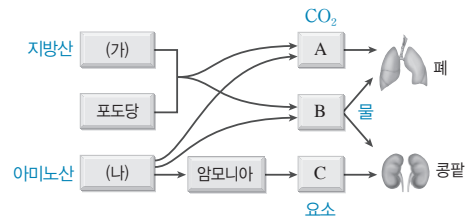
㉠. 동화 작용과 이화 작용은 물질대사이며, 물질대사는 모든 기관계에서 일어난다. 소화계에서는 소화와 같은 이화 작용이 일어날 뿐 아니라 소화 효소 합성과 같은 동화 작용도 일어난다.

㉢. (나)는 호흡계이며, 폐는 호흡계에 속한다.

**[바로알기]** ㉢. 폐포와 모세 혈관 사이에서 O2의 이동은 확산에 의해 일어나므로 ATP가 소모되지 않는다. 따라서 ATP의 분해로 에너지가 방출되는 ㉡ 과정은 O2의 확산에는 필요하지 않다.

## 4 노폐물의 생성과 배설

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ (가)의 구성 원소에 질소(N)가 포함된다. (나)  
 ㉢ B는 물이다.  
 ㉤ 간에서 C가 생성된다.

㉢. A는 폐를 통해 몸 밖으로 나가므로 이산화 탄소이고, B는 폐의 날숨, 콩팥의 오줌을 통해 몸 밖으로 나가므로 물이다. C는 콩팥을 통해 몸 밖으로 나가므로 요소이다.

㉤. 간에서 암모니아가 요소(C)로 전환된다.

**[바로알기]** ㉠. 지방산, 포도당은 모두 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있으므로, 호흡 기질로 사용되면 CO2와 물이 생성되지만, 아미노산은 탄소, 수소, 산소 외에 질소도 포함하므로 호흡 기질로 사용될 때 CO2, 물 이외에 암모니아가 생성된다. 따라서 (가)는 지방산, (나)는 아미노산이며, (나)의 구성 원소에 질소(N)가 포함된다.

## 5 세포 호흡과 노폐물의 생성

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 CO2이다.  
 ㉢ NH3는 간에서 ㉤으로 전환된다.  
 ㉤ (나)에서 세포 호흡에 이용되는 물질은 A이다.

㉠. 물 다음으로 많은 비율을 차지하는 A는 단백질, B는 탄수화물이며, ㉠은 CO2, ㉢은 요소이다.

㉢. 암모니아(NH3)는 간에서 요소로 전환된다.

㉤. (나)에서 물질이 세포 호흡에 사용되기 전에 암모니아가 생성되므로 세포 호흡에 사용되는 물질은 단백질이다.

## 6 기관계의 통합적 작용

### [선택지 분석]

- ㉠ B와 C에서 흡수된 물질은 A를 통해 운반된다.  
 ㉢ D를 통해 질소 노폐물이 배설된다.  
 ㉤ ㉠에서 영양소의 소화와 흡수가 일어난다.

A는 순환계, B는 소화계, C는 호흡계, D는 배설계이다.

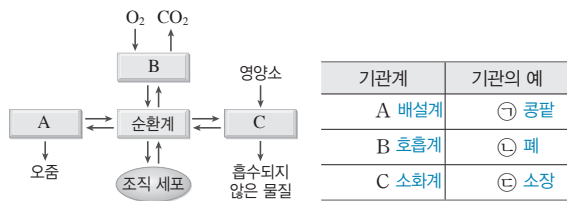
ㄱ. 순환계는 물질 운반을 담당하므로 소화계(B)에서 흡수된 영양소와 호흡계(C)에서 흡수된 산소는 순환계(A)를 통해 조직 세포로 운반된다.

ㄴ. 질소 노폐물인 요소는 배설계(D)의 콩팥에서 물과 함께 걸러져 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다.

ㄷ. ㉠은 소화계에 속한 소장이며, 소장에서는 소화 효소의 작용으로 영양소의 소화가 일어나며, 소장 용털을 통해 소화 산물이 흡수된다.

## 7 기관계의 통합적 작용

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ A를 통해 요소가 배설된다.
- ㉡ ㉠~㉢에는 모두 상피 조직이 있다.
- ㉢ ㉢에서 아미노산이 흡수된다.

A는 배설계, B는 호흡계, C는 소화계이다.

ㄱ. 배설계는 혈액 속 요소를 걸러 몸 밖으로 내보낸다.

ㄴ. ㉠은 콩팥, ㉡은 폐, ㉢은 소장으로, 모두 상피 조직, 결합 조직, 신경 조직, 근육 조직으로 이루어져 있는 기관이다.

ㄷ. 소장(㉢)의 용털에서 단백질의 최종 분해 산물인 아미노산이 흡수된다.

## 8 대사성 질환

### [자료 분석]

질병	특징	①	오줌에 당이 섞여 나온다.	감염성 질환이다.
A 고혈압		○	×	×
B 당뇨병		○	㉠ ○	×
C 홍역		×	×	㉡ ○

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.
- ㉡ '대사성 질환이다.'는 ①에 해당한다.
- ㉢ C는 동맥 경화의 원인이다. 원인이 아니다.

ㄱ. 고혈압과 당뇨병은 모두 감염성 질환이 아니고, 홍역은 감염성 질환이다. 오줌에 당이 섞여 나오는 질환은 당뇨병이다. 따라서 A는 고혈압, B는 당뇨병, C는 홍역이며, ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.

ㄴ. 고혈압과 당뇨병은 모두 대사성 질환이고, 홍역은 바이러스가 원인이 되어 발생하는 감염성 질환이다. 따라서 '대사성 질환이다.'는 ①에 해당한다.

**[바로알기]** ㄷ. 동맥 경화는 혈관벽에 콜레스테롤 등이 쌓여 혈관이 좁아지고 탄력을 잃는 증상이므로, 혈액 속에 콜레스테롤 등이 과다하게 들어 있는 상태인 고지혈증 등이 동맥 경화의 원인이 된다.

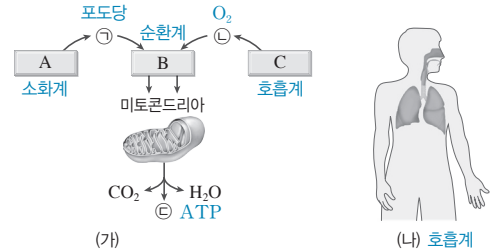
## 수능 3점 공부하기

본책 38쪽~39쪽

- 1 ⑤      2 ③      3 ⑤      4 ②      5 ②      6 ②
- 7 ⑤      8 ②

## 1 영양소와 산소의 흡수와 이동

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠의 에너지 일부가 ㉢에 저장된다.
- ㉡ 심장은 B에 속한다.
- ㉢ 혈액의 단위 부피당 ㉢의 양은 대정맥에서보다 대동맥에서 많다.

(나)는 코, 기관지, 폐로 구성되어 있으므로 호흡계이다. 따라서 C는 호흡계이고, ㉢은  $O_2$ 이다. 세포 호흡에 필요한 포도당은 소화계를 통해 흡수되므로 A는 소화계이고, ㉠은 포도당이다. 포도당과 산소를 세포로 운반하는 B는 순환계이며, 세포 호흡 결과 생성된 ㉢은 ATP이다.

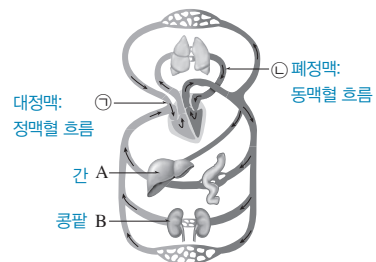
ㄱ. 세포 호흡에 의해 포도당(㉠)의 에너지 일부가 ATP(㉢)에 저장된다.

ㄴ. 심장은 순환계(B)에 속한다.

ㄷ. 호흡계를 통해 들어온  $O_2$ 는 대동맥을 거쳐 조직 세포로 이동하므로, 혈액의 단위 부피당 ㉢( $O_2$ )의 양은 대동맥에서보다 대정맥에서보다 많다.

## 2 혈액 순환 경로

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ A는 인슐린의 표적 기관이다.
- ㉡ B에서 수분의 재흡수가 일어난다.
- ㉢ 혈액의 단위 부피당  $CO_2$ 의 양은 ㉢에서보다 ㉠에서보다 적다.

ㄱ. A는 간으로, 혈당량 조절 호르몬인 인슐린의 표적 기관이다.

ㄴ. 콩팥(B)에서 오줌이 생성될 때 물의 재흡수 과정이 일어난다.

**[바로알기]** ㄷ. 혈액의 단위 부피당  $CO_2$ 의 양은 조직 세포에서  $CO_2$ 를 받아온 혈액이 흐르는 ㉠(대정맥)에서보다 폐에서  $CO_2$ 를 내보낸 혈액이 흐르는 ㉢(폐정맥)에서보다 많다.



### 3 소화계와 배설계

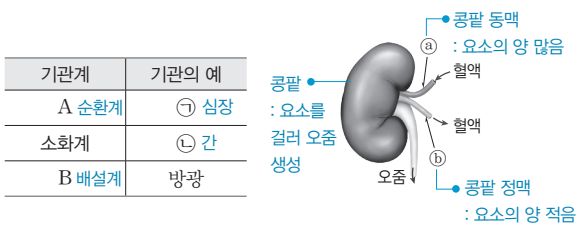
#### |선택지 분석|

- ㉠ A에서 요소가 생성된다.
- ㉡ B는 이자이다.
- ㉢ C는 항이뇨 호르몬의 표적 기관이다.

- ㄱ. A는 간이며, 간에서는 암모니아가 요소로 전환된다.  
 ㄴ. B는 소화계에 속하는 이자이다.  
 ㄷ. C는 콩팥이며, 콩팥은 항이뇨 호르몬의 표적 기관이다.

### 4 기관계의 작용

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠에 연결된 자율 신경의 조절 중추는 간뇌이다. 연수
- ㉡ 단위 부피당 요소의 양은 ㉠의 혈액이 ㉡의 혈액보다 적다.
- ㉢ ㉢에서 질소 노폐물의 전환이 일어난다. 많다.

방광은 배설계에 속하므로 A는 순환계, B는 배설계이다. 심장은 순환계에, 간은 소화계에 속하므로 ㉠은 심장, ㉡은 간이다.

ㄷ. ㉢은 간이며, 간에서 암모니아가 요소로 전환된다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 심장이며, 심장 박동의 조절 중추는 연수이다.  
 ㄴ. 콩팥에서 혈액 속 요소가 걸러져 오줌이 생성되므로, 단위 부피당 요소의 양은 콩팥 동맥(㉠)의 혈액이 콩팥 정맥(㉡)의 혈액보다 많다.

### 5 기관계의 작용

#### |자료 분석|

특징	㉠	㉡	㉢	특징 (㉠~㉢)
기관				
A 위	○	○	×	• 소화계에 속한다. → 간, 위 ㉠
B 간	○	○	○	• 물질대사가 일어난다. → 간, 위, 폐 ㉠
C 폐	○	×	○	• 암모니아가 요소로 전환 된다. → 간 ㉡

(○: 있음, ×: 없음)

(가) (나)

#### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠은 '소화계에 속한다.'이다. ㉡
- ㉡ A에서 단백질의 소화와 흡수가 일어난다. 소화
- ㉢ C에서 기체의 교환이 확산에 의해 일어난다.

간, 위, 폐에서는 모두 물질대사가 일어나며, 간과 위는 소화계에 속한다. 암모니아가 요소로 전환되는 기관은 간이다. 따라서 ㉠은 '물질대사가 일어난다.', ㉡은 '소화계에 속한다.', ㉢은 '암모니아가 요소로 전환된다.'이고, A는 위, B는 간, C는 폐이다.

ㄷ. C(폐)의 폐포와 폐포를 둘러싼 모세 혈관 사이에서  $O_2$ 와  $CO_2$ 의 교환은 확산에 의해 일어난다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 '물질대사가 일어난다.'이다.

ㄴ. 위(A)에서 단백질의 소화는 일어나지만, 단백질의 최종 소화는 소장에서 일어나 아미노산이 소장 융털로 흡수된다.

### 6 기관계의 통합적 작용

#### |선택지 분석|

- ㉠  $O_2$ 는 ㉠을 통해 들어와 순환계로 이동한다. ㉡
- ㉡ 결합 조직은 ㉠~㉢ 모두에 존재한다.
- ㉢ (나)의 A를 통해 소화되지 않은 찌꺼기가 배출된다. ㉣을

(가)에서 위, 아래로 외부와 연결된 ㉠은 소화계이며, (나)는 배설계이다. 따라서 ㉠은 배설계, ㉡은 호흡계이다.

ㄴ. 모든 기관계에는 결합 조직이 존재한다.

**바로알기** ㄱ.  $O_2$ 는 호흡계(㉡)를 통해 들어와 순환계로 이동한다.  
 ㄷ. (나)의 A는 콩팥이며, 오줌을 생성하는 역할을 한다. 소화되지 않은 찌꺼기는 소화계에서 대변의 형태로 항문을 통해 배출된다.

### 7 기관계의 통합적 작용

#### |선택지 분석|

- ㉠ 대장은 (가)에 속한다.
- ㉡ (나)에는 항이뇨 호르몬의 표적 기관이 있다.
- ㉢ ㉠에는 요소의 이동이 포함된다.

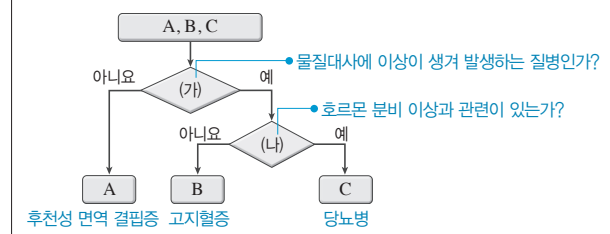
ㄱ. (가)는 영양소를 소화하여 흡수하므로 소화계이다. 소화계는 위, 소장, 대장 등으로 이루어져 있다.

ㄴ. (나)는 오줌을 몸 밖으로 내보내므로 배설계이다. 배설계에 속하는 콩팥은 항이뇨 호르몬의 표적 기관이다.

ㄷ. 요소는 소화계(가)에 속한 간에서 생성되어 순환계를 통해 배설계(나)로 이동한다. 따라서 ㉠에는 요소의 이동이 포함된다.

### 8 대사성 질환

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ㉠ '호르몬 분비 이상과 관련이 있는가?'는 (가)이다. (나)
- ㉡ 혈중 콜레스테롤 농도는 C 환자에서보다 B 환자에서 높다.
- ㉢ B와 C는 모두 병원체가 원인이 되어 발생한다. A는

당뇨병과 고지혈증은 모두 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 대사성 질환이고, 후천성 면역 결핍증(AIDS)은 감염성 질병이다. 따라서 (가)는 '물질대사에 이상이 생겨 발생하는 질병인가?'이고, (나)는 '호르몬 분비 이상과 관련이 있는가?'이다.

ㄴ. B와 C는 각각 당뇨병과 고지혈증 중 하나인데, 당뇨병은 인슐린 분비 이상으로 발생할 수 있다. 따라서 C는 당뇨병, B는 고지혈증이다. 혈중 콜레스테롤 농도는 당뇨병 환자에서보다 고지혈증 환자에서 높다.

**바로알기** ㄱ. '호르몬 분비 이상과 관련이 있는가?'는 (나)이다.

ㄷ. 후천성 면역 결핍증(A)은 병원체인 바이러스가 원인이 되어 발생하는 감염성 질병이고, 고지혈증(B)과 당뇨병(C)은 모두 대사성 질환이다.





## 항상성과 몸의 조절

### 04 자극의 전달

#### 개념 확인 문제

본책 43쪽, 45쪽

- 1 A: 신경 세포체, B: 가지 돌기, C: 랑비에 결절, D: 말아집, E: 축삭 돌기 2 (1) × (2) ○ (3) × 3 (1) 휴지 전위 (2) ㉠ 높고, ㉡ 높다 (3) ㉠ 음(-), ㉡ 양(+) 4 (1) ○ (2) × (3) × 5 (1) ○ (2) ○ (3) × 6 A: 시냅스 소포, B: 신경 전달 물질 7 (1) ㉠ 액틴 필라멘트, ㉡ 마이오신 필라멘트 (2) (가) 짧아진다. (나) 변화 없다. 8 (1) ○ (2) × (3) ○

1 신경계를 구성하는 기본 단위인 뉴런은 신경 세포체와 신경 세포체에서 뻗어 나온 짧은 가지 돌기와 긴 축삭 돌기로 이루어져 있다.

2 (1) A는 감각기에 연결되어 있으므로 감각 뉴런이다. 감각 뉴런은 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경으로 전달하는 구심성 뉴런이다.

(2) B는 뇌와 척수 같은 중추 신경을 이루는 연합 뉴런이다.

(3) C는 근육과 같은 반응기에 연결되어 있으므로 운동 뉴런이다. 운동 뉴런은 중추에서 내린 반응 명령을 반응기로 전달하는 원심성 뉴런이다. 감각기에서 받아들인 자극 신호는 A → B → C로 전달되어 반응을 일으킨다.

3 (1) 자극을 받지 않은 뉴런에서는 세포막을 경계로 이온이 불균등하게 분포하여 -70 mV의 휴지 전위가 나타난다.

(2) 뉴런의 세포막에 있는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖으로,  $\text{K}^+$ 은 세포 안으로 이동된다. 따라서 뉴런 내부는 외부보다  $\text{K}^+$  농도가 높고, 뉴런 외부는 내부보다  $\text{Na}^+$  농도가 높다.

(3) 자극을 받지 않은 분극 상태에서 막전위는 -70 mV로, 뉴런의 세포막 안쪽은 상대적으로 음(-)전하를, 바깥쪽은 양(+)전하를 띤다.

4 (1) 역치 이상의 자극을 받은 뉴런에서는  $\text{Na}^+$  통로가 열리고  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 유입되어 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나 활동 전위가 발생한다.

(2) 활동 전위가 발생하면 막전위가 +35 mV까지 상승하여 세포막 안과 밖의 전위가 바뀐다. 따라서 세포막 안쪽은 상대적으로 양(+)전하를, 바깥쪽은 음(-)전하를 띠게 된다.

(3) 막전위가 최고점에 도달하면  $\text{Na}^+$  통로가 닫히고,  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 유출된다. 그 결과 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다.

5 (1), (2) 뉴런의 세포막 한 부위에서 활동 전위가 발생하면 이웃한 부위에서 탈분극이 일어나 새로운 활동 전위가 발생한다. 따라서 활동 전위가 축삭 돌기를 따라 연속적으로 발생하여 흥분이 전도된다.

(3) 말아집 신경에서는  $\text{Na}^+$  통로와  $\text{K}^+$  통로가 랑비에 결절에만 밀집해 있어 랑비에 결절에서만 활동 전위가 발생하는 도약전도가 일어난다. 따라서 말아집 신경은 민말아집 신경보다 흥분 전도 속도가 빠르다.

6 A는 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스 소포이고, B는 시냅스 소포에 들어 있는 신경 전달 물질이다.

7 (1) 근육 원섬유는 가는 액틴 필라멘트와 굵은 마이오신 필라멘트로 구성되어 있다.

(2) 근수축 시 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트가 액틴 필라멘트를 끌어당기므로 두 필라멘트가 겹치는 구간이 늘어나고 (가)(I대)의 길이는 짧아진다. 한편, 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않으므로 (나)(A대)의 길이는 변하지 않는다.

8 (1) 근육이 수축할 때 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트가 액틴 필라멘트를 끌어당기며, 이때 ATP가 소모된다.

(2) 활주설에 따르면 근수축 시 근육 원섬유 마디에서 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가서 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아진다.

(3) 근수축 시 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않고, 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 구간이 늘어난다.

#### 여기서 잠깐!

본책 46쪽

Q1 ㉠  $\text{Na}^+$ , ㉡  $\text{Na}^+$ , ㉢ 유입, ㉣ 상승

Q2 ㉠  $\text{K}^+$ , ㉡  $\text{K}^+$ , ㉢ 유출, ㉣ 하강

Q1 뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 밖에서 안으로 유입되어 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다.

Q2 뉴런의 세포막에서 탈분극이 일어나 막전위가 최고점(약 -35 mV)에 이르면  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 안에서 밖으로 유출되어 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다.

#### 수능 자료 마스터

본책 47쪽~48쪽

자료 A 1 ㉡

자료 B 2 ㉤

자료 C 3 ㉤

1 ㄴ. 자극을 준 지점이 P라면 B에서 IV( $d_4$ )의 막전위가 -80 mV으로 과분극 상태이므로 I~III은 과분극 상태를 지나 막전위가 -80 mV~-70 mV이어야 한다. 그러나 B의 I~III중 막전위가 -80 mV~-70 mV인 지점은 없다. 따라서 자극을 준 지점은 Q이고 자극의 전도는  $d_4$ 에서  $d_1$  방향으로 일어난다. 흥분의 전도 속도는 B에서가 A에서보다 빠르므로 A의 I(0 mV)과 III(-65 mV)은 탈분극일 때의 막전위이며, II(+15 mV)는 탈분극 또는 재분극일 때의 막전위이다. 따라서 흥분의 전도는 IV( $d_4$ ) → II( $d_3$ ) → I( $d_2$ ) → III( $d_1$ )으로 진행된다.

바로알기 ㄱ. II는  $d_3$ 이고,  $d_1$ 이 III이다.

ㄷ.  $t_1$ 일 때 B의  $d_1$ (III)은 막전위가 +20 mV인데  $d_1$ 보다 탈분극이 먼저 일어난  $d_2$ (I)는 막전위가 +15 mV이므로, B의  $d_2$ (I)에서는 재분극이 일어나고 있는 것이다.

2 ㄴ. II에서 ㉔은 구간 a 동안 -70 mV의 휴지 전위를 유지하는 분극 상태이므로,  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해 막 안팎의 이온 농도 차가 유지되고 있다.

ㄷ. III에서 ㉔은 구간 b 동안 막전위가 상승하고 있다. 이는 자극 B에 의해 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질이 분비되어 시냅스 이후 뉴런의 세포막이 탈분극되었기 때문이다.

바로알기 ㄱ. ㉔은 흥분 전도 과정에서 절연체 역할을 하는 말집이다. 말집에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

3 골격근이 수축하여 X의 길이가 P만큼 감소하면 ㉔-㉔은 P만큼 증가하고, ㉔의 길이는  $\frac{1}{2}$ P만큼 감소한다.

ㄴ.  $t_2$ 에서  $t_3$ 로 될 때 ㉔의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$  감소하였으므로 ㉔-㉔은  $0.4 \mu\text{m}$  증가하고, X의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$  감소한다. 따라서 X의 길이는  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다  $0.4 \mu\text{m}$  길다.

ㄷ.  $t_2$ 에서  $t_1$ 으로 될 때 ㉔-㉔이  $0.6 \mu\text{m}$  감소하였으므로, ㉔의 길이는  $0.3 \mu\text{m}$  증가한다. 따라서  $t_1$ 일 때 ㉔의 길이는  $0.8 \mu\text{m}$ 이고, ㉔의 길이는  $3.2 - 2 \times 0.8 = 1.6 (\mu\text{m})$ , ㉔의 길이는 ㉔ -  $0.4 = 1.6 - 0.4 = 1.2 (\mu\text{m})$ 이다.

따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{㉔의 길이} + \text{㉔의 길이}}{\text{㉔의 길이} + \text{㉔의 길이}} = \frac{1.6 + 0.8}{1.6 + 1.2} = \frac{6}{7}$ 이다.

바로알기 ㄱ. 근수축 과정에서 액틴 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.

## 수능 2점 다지기

본책 49쪽~50쪽

- |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 ⑤ | 2 ② | 3 ④ | 4 ③ | 5 ① | 6 ① |
| 7 ④ | 8 ④ |     |     |     |     |

### 1 뉴런의 종류와 흥분 전달 방향

#### [선택지 분석]

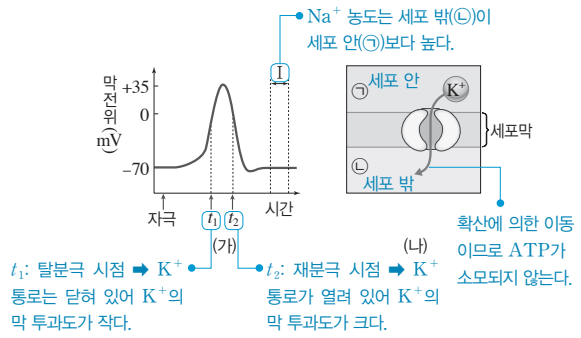
- ㉔ 원심성 뉴런은 A이다.
- ㉔ 뇌와 척수를 구성하는 뉴런은 B이다.
- ㉔ 흥분의 전달 방향은 C → B → A이다.

ㄱ, ㄴ. A는 신경 세포체가 크고 축삭 돌기가 길게 발달되어 있으므로 중추 신경의 명령을 반응기로 전달하는 원심성 뉴런이다. B는 중추 신경인 뇌와 척수를 구성하는 연합 뉴런이다. C는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽으로 치우쳐 있으므로 감각기로부터 자극을 전달받아 중추 신경으로 전달하는 구심성 뉴런이다.

ㄷ. 감각기에서 받아들인 자극은 구심성 뉴런(C)을 거쳐 중추 신경으로 전달되고, 중추 신경은 자극 신호를 판단하여 반응 명령을 내리며, 이 명령은 원심성 뉴런(A)을 통해 반응기로 전달된다. 따라서 흥분의 전달 방향은 C(구심성 뉴런) → B(연합 뉴런) → A(원심성 뉴런)이다.

### 2 활동 전위 발생 과정에서 막전위 변화와 이온의 이동

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉔ (나)에서 K<sup>+</sup>의 이동에 ATP가 소모된다. 소모되지 않는다.
- ㉔ K<sup>+</sup>의 막 투과도는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 크다.
- ㉔ 구간 I에서 Na<sup>+</sup>의 ㉔에서의 농도 / ㉔에서의 농도는 1보다 크다. 작다.

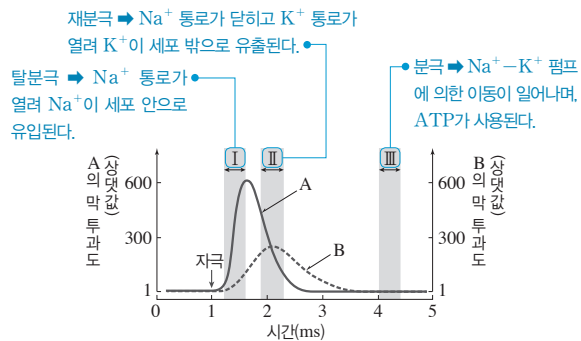
ㄴ.  $t_1$ 은 Na<sup>+</sup> 통로가 열려 막전위가 상승하는 시점으로 이때 K<sup>+</sup> 통로는 대부분 닫혀 있어 K<sup>+</sup>의 막 투과도는 작다.  $t_2$ 는 Na<sup>+</sup> 통로는 닫혀 있고 K<sup>+</sup> 통로는 열려 막전위가 하강하는 시점이므로 K<sup>+</sup>의 막 투과도가 크다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 K<sup>+</sup> 통로를 통한 K<sup>+</sup>의 이동은 K<sup>+</sup>의 농도 차에 의한 확산이다. 확산에는 ATP가 소모되지 않는다.

ㄷ. (나)에서 K<sup>+</sup> 통로를 통해 K<sup>+</sup>은 세포 안에서 밖으로 이동한다. 따라서 ㉔은 세포 안, ㉔은 세포 밖이며, 구간 I은 분극 상태이다. 분극 상태일 때 Na<sup>+</sup> 농도는 세포 안(㉔)보다 세포 밖(㉔)이 더 높다. 따라서 구간 I에서 Na<sup>+</sup>의 ㉔에서의 농도 / ㉔에서의 농도는 1보다 작다.

### 3 흥분 발생 시 이온의 막 투과도 변화

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉔ 구간 I에서 A가 세포 밖으로 확산된다. 안으로
- ㉔ 구간 II에서 B의 농도는 세포 밖에서보다 세포 안에서 높다.
- ㉔ 구간 III에서 세포 안의 A 농도 유지에 ATP가 사용된다.

뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 Na<sup>+</sup> 통로가 열리고 Na<sup>+</sup>이 유입되어 탈분극이 일어나 막전위가 상승한다. 막전위가 최고점에 이르면 Na<sup>+</sup> 통로는 닫히고 K<sup>+</sup> 통로가 열려 K<sup>+</sup>이 유출되어 재분극이 일어난다. 따라서 A는 Na<sup>+</sup>, B는 K<sup>+</sup>이다.

ㄴ. K<sup>+</sup> 농도는 항상 세포 안에서 세포 밖보다 높다. 따라서 구간 II에서 B(K<sup>+</sup>)의 농도는 세포 밖에서보다 세포 안에서 높다.

ㄷ. 뉴런이 분극 상태일 때는  $\text{Na}^+$  통로와  $\text{K}^+$  통로가 닫혀  $\text{Na}^+$  과  $\text{K}^+$ 의 막 투과도가 낮다. 구간 Ⅲ에서  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 의 막 투과도가 낮고 일정하게 유지되므로, 분극 상태이다. 분극 상태에서는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프가 ATP를 소모하여  $\text{Na}^+$ 을 세포 밖으로 내보내므로 세포 안의  $\text{Na}^+$  농도가 세포 밖보다 낮게 유지된다.

**바로알기** ㄱ. 구간 I에서 A( $\text{Na}^+$ )의 막 투과도가 높아지는 것은  $\text{Na}^+$  통로가 열려 A( $\text{Na}^+$ )가 세포 밖에서 안으로 확산되기 때문이다.

#### 4 흥분의 발생과 전도

##### [선택지 분석]

- ㉠ 자극을 준 지점은 X이다.
- ㉡  $d_2$ 에서  $\text{K}^+$  농도는 세포 밖보다 세포 안이 높다.
- ㉢  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$ 은  $\text{Na}^+$  통로를 통해 세포 밖으로 유출된다. 유출되지 않는다.

ㄱ.  $d_2$ 에서 과분극이 일어났고,  $d_3$ 는 과분극이 일어나기 전이므로 흥분의 전도는  $X \rightarrow Y$  방향으로 일어났다. 따라서 자극을 준 지점은 X이다. 만약 자극을 준 지점이 Y라면  $d_3$ 는 과분극이 일어난 후이므로 막전위가  $-80 \text{ mV} \sim -70 \text{ mV}$ 이어야 한다.

ㄴ.  $\text{K}^+$  농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다.

**바로알기** ㄷ.  $d_3$ 가 탈분극 상태라면  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$ 은  $\text{Na}^+$  통로를 통하여 세포 안으로 유입되고, 재분극 상태라면  $\text{Na}^+$  통로가 닫히므로  $\text{Na}^+$  통로를 통한  $\text{Na}^+$  이동이 일어나지 않는다.

#### 5 흥분의 전도와 전달

##### [선택지 분석]

- ㉠ 시냅스 소포는 ㉡보다 ㉢에 많다.
- ㉡ 구간 ㉠에서  $\text{K}^+$ 의 농도는 세포 안보다 세포 밖이 높다. 낮다.
- ㉢ C의 막전위 변화는 (나)의 Ⅱ에 해당한다. I

ㄱ. ㉡는 신경 세포체에서 뻗어 나온 가지 돌기, ㉢는 축삭 돌기 말단이다. 시냅스 소포는 신경 세포체나 가지 돌기에는 없고 축삭 돌기 말단에 존재한다.

**바로알기** ㄴ. 구간 ㉠에서는  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 안에서 밖으로 유출되어 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다. 이때  $\text{K}^+$  농도는 세포 안이 세포 밖보다 높기 때문에  $\text{K}^+$ 이  $\text{K}^+$  통로를 통해 세포 안에서 밖으로 확산된다.

ㄷ. C는 말아집 신경이므로 도약전도가 일어나기 때문에 민말아집 신경인 B보다 Q 지점에서 활동 전위가 먼저 발생한다. A에서는 흥분이 시냅스 이전 뉴런의 가지 돌기에서 시냅스 이후 뉴런의 축삭 돌기로 전달되지 않으므로 Q 지점에서 활동 전위가 발생하지 않는다. 따라서 A의 막전위 변화는 Ⅲ, B의 막전위 변화는 Ⅱ, C의 막전위 변화는 I이다.

#### 6 흥분의 전도와 전달

##### [선택지 분석]

- ㉠  $t_1$ 일 때 B의 세포막 안쪽은 양(+)전하를 띤다.
- ㉡  $t_2$ 일 때 A에서 세포막을 통한  $\text{K}^+$ 의 이동이 일어나지 않는다. 일어난다.
- ㉢  $t_2$  이후 C에서 활동 전위가 발생한다. 발생하지 않는다.

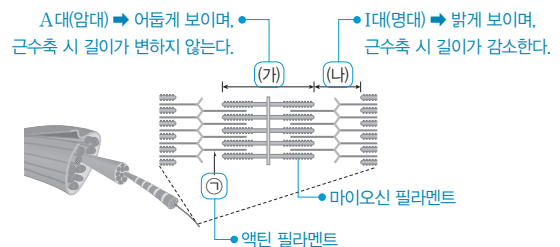
ㄱ. B에서는 막전위가 상승하여  $t_1$ 일 때 막전위가 양(+)의 값을 나타낸다. 이는 B의 세포막에서  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 밖에서 안으로 유입되어 세포 안은 양(+)전하, 세포 밖은 음(-)전하로 바뀌었기 때문이다.

**바로알기** ㄴ. 가지 돌기에는 시냅스 소포가 없기 때문에 B에서 A 방향으로 흥분의 전달이 일어나지 않는다. 따라서 A에서는 활동 전위가 발생하지 않고 분극 상태가 유지된다. 분극 상태일 때는 세포막에 있는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖에서 안으로 능동 수송된다. 따라서 A에서는 세포막을 통한  $\text{K}^+$ 의 이동이 일어난다.

ㄷ. C는 흥분 전도 과정에서 절연체 역할을 하는 말아집이며, 말아집에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

#### 7 골격근의 구조와 수축 과정

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡는 마이오신 필라멘트이다. 액틴 필라멘트
- ㉡ 골격근이 수축하면 (가)의 길이 (나)의 길이는 증가한다.
- ㉢ 전자 현미경으로 관찰하면 (나)가 (가)보다 밝게 보인다.

ㄴ. (가)는 A대이고, (나)는 I대이다. 골격근 수축 시 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아지는데, 이때 A대(가)의 길이는 변하지 않고, I대(나)의 길이는 짧아진다. 따라서 골격근이 수축할 때 (가)의 길이 (나)의 길이는 증가한다.

ㄷ. 전자 현미경으로 관찰하면 A대(가)는 어둡게 보이고, I대(나)는 밝게 보인다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 가는 액틴 필라멘트이다.

#### 8 골격근의 구조와 수축 과정

##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡는 액틴 필라멘트이다.
- ㉢ C는 I대의 단면에 해당한다. A
- ㉣ X의  $\frac{\text{H대 길이}}{\text{A대 길이}}$ 는 (가)에서보다 X가 수축된 상태에서 작다.

ㄱ. 근육 원섬유의 구성 필라멘트 중 가는 것(㉠)은 액틴 필라멘트, 굵은 것(㉡)은 마이오신 필라멘트이다.

ㄷ. 근수축 시 A대의 길이는 변하지 않고, H대의 길이는 줄어든다. 따라서  $\frac{\text{H대 길이}}{\text{A대 길이}}$ 는 X가 이완된 (가)에서보다 X가 수축된 상태에서 작다.

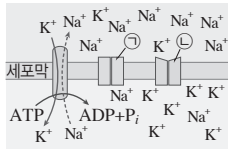
**바로알기** ㄴ. I대는 액틴 필라멘트만 있는 부분이므로, A가 I대의 단면에 해당한다.

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 ④  | 2 ③  | 3 ①  | 4 ③  | 5 ③  | 6 ④  |
| 7 ②  | 8 ①  | 9 ⑤  | 10 ② | 11 ④ | 12 ④ |
| 13 ① | 14 ② | 15 ④ | 16 ③ | 17 ④ |      |

## 1 뉴런의 이온 분포와 흥분 발생

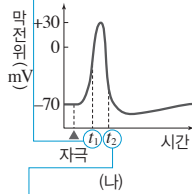
### [자료 분석]

- ㉠이 ㉡보다 먼저 열린다.  
→ ㉠이  $\text{Na}^+$  통로, ㉡이  $\text{K}^+$  통로이다.



$\text{Na}^+$  통로와  $\text{K}^+$  통로가 닫혀 있으므로  
분극 상태일 때의 이온 분포이다.  
→ 휴지 전위가 나타난다.

$t_1$ (탈분극 시점):  $\text{Na}^+$  통로를 통해  
 $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산된다.  
→ ATP가 사용되지 않는다.



$t_2$ (재분극 시점):  $\text{K}^+$  통로(㉡)를  
통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산된다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)일 때 휴지 전위가 나타난다.  
X  $t_1$ 일 때  $\text{Na}^+$ 의 유입에 ATP가 사용된다. 사용되지 않는다.  
㉡  $t_2$ 일 때  $\text{K}^+$ 은 ㉡을 통해 세포 밖으로 확산된다.

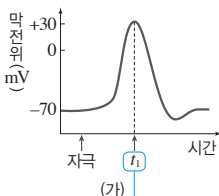
ㄱ. 휴지 전위는 뉴런이 자극을 받지 않은 분극 상태일 때의 막전위이다. (가)는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 이 이동되며, 대부분의  $\text{Na}^+$  통로와  $\text{K}^+$  통로는 닫혀 있으므로 분극 상태이다. 따라서 (가)일 때는 약  $-70\text{mV}$ 의 휴지 전위가 나타난다.

ㄴ. 활동 전위가 형성되는 과정에서  $\text{Na}^+$  통로는  $\text{K}^+$  통로보다 먼저 열린다. 따라서 ㉠은  $\text{K}^+$  통로, ㉡은  $\text{Na}^+$  통로이다.  $t_2$ 일 때 재분극이 일어나고 있으며, 재분극일 때는  $\text{K}^+$  통로(㉡)가 열려  $\text{K}^+$ 이  $\text{K}^+$  통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.

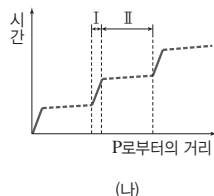
바로알기 ㄷ.  $t_1$ 일 때는 탈분극이 일어나고 있으며,  $\text{Na}^+$  통로(㉠)가 열려  $\text{Na}^+$ 이  $\text{Na}^+$  통로를 통해 세포 안으로 확산되는데, 확산에는 ATP가 사용되지 않는다.

## 2 흥분의 발생과 도약전도

### [자료 분석]



$\text{Na}^+$  농도: 세포 밖 > 세포 안  
 $\text{K}^+$  농도: 세포 안 > 세포 밖



- I: 흥분이 느리게 이동 → I는 말이집으로 싸여 있지 않은 부분(랑비에 결절)이다.  
• II: 흥분이 빠르게 이동 → II는 말이집으로 싸여 있는 부분이므로 활동 전위가 발생하지 않는다.

### [선택지 분석]

- ㉠  $t_1$ 일 때 이온의 세포 안의 농도  
세포 밖의 농도  $\text{K}^+$ 이  $\text{Na}^+$ 보다 크다.  
㉡ I에서 활동 전위가 발생했다.  
X II에는 슈반 세포가 존재하지 않는다. 존재한다.

ㄱ.  $\text{Na}^+$  농도는 항상 세포 밖이 안보다 높고,  $\text{K}^+$  농도는 항상 세포 안이 밖보다 높다. 따라서  $\text{Na}^+$ 의  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 1보다 작고,  $\text{K}^+$ 의  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 1보다 크다.

ㄴ. (나)에서 I에서는 흥분이 짧은 거리를 가는 데 시간이 많이 소요된다. 이는 I에서 활동 전위가 발생하여 흥분이 전도되기 때문이므로, I은 말이집으로 싸여 있지 않은 랑비에 결절이다. II에서는 긴 거리를 가는 데 시간이 거의 소요되지 않는다. 이는 II에서 활동 전위가 발생하지 않아 흥분의 전도가 빠르게 일어나기 때문이므로 II는 말이집으로 싸여 있는 부분이다.

바로알기 ㄷ. II는 말이집으로 싸여 있는 부분이다. 말이집은 슈반 세포의 세포막이 길게 늘어나 축삭을 여러 겹으로 싸고 있는 구조이므로, II에는 슈반 세포가 존재한다.

## 3 흥분의 발생

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서  $\frac{\text{K}^+$ 의 막 투과도}{\text{Na}^+의 막 투과도}는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.  
X X는  $\text{K}^+$ 의 이동을 억제한다.  $\text{Na}^+$   
X (나)에서  $t_3$ 일 때  $\text{Na}^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다. 낮다.

ㄱ. (가)에서  $t_1$ 일 때는 탈분극이 일어나고 있으므로  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도는 높고,  $\text{K}^+$ 의 막 투과도는 낮다.  $t_2$ 일 때는 재분극이 일어나고 있으므로  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도는 낮고,  $\text{K}^+$ 의 막 투과도는 높다. 따라서 (가)에서  $\frac{\text{K}^+$ 의 막 투과도}{\text{Na}^+의 막 투과도}는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 뉴런에 X를 처리하고 역치 이상의 자극을 주었을 때 막전위가 조금 상승하지만 활동 전위는 발생하지 않는다. 역치 이상의 자극을 주었을 때 막전위가 급격히 상승하여 활동 전위가 발생하는 것은  $\text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 빠르게 유입되기 때문이다. 따라서 X는  $\text{Na}^+$ 의 이동을 억제한다고 볼 수 있다. 한편, 상승했던 막전위가 하강하는 재분극은 일어나므로 X는  $\text{K}^+$ 의 이동을 억제한다고 볼 수 없다.

ㄷ.  $\text{Na}^+$ 의 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높다.

## 4 흥분 발생 시 이온의 막 투과도 변화

### [선택지 분석]

- ㉠  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 ㉠보다 ㉡이 크다.  
㉡  $\frac{\text{K}^+$ 의 막 투과도}{\text{Na}^+의 막 투과도}는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 크다.  
X  $t_2$ 일 때 ㉡이 세포 안으로 확산된다. 밖으로

뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 유입되어 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 탈분극이 일어나 막전위가 최고점에 도달하면  $\text{Na}^+$  통로는 닫히고  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 유출되어 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다. 따라서 막 투과도가 먼저 상승하는 ㉠은  $\text{Na}^+$ , 나중에 상승하는 ㉡은  $\text{K}^+$ 이다.



ㄱ.  $\text{Na}^+$ (㉠) 농도는 항상 세포 밖에 안보다 높고,  $\text{K}^+$ (㉡) 농도는 항상 세포 안이 밖보다 높다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는  $\text{K}^+$ (㉡)이  $\text{Na}^+$ (㉠)보다 크다.

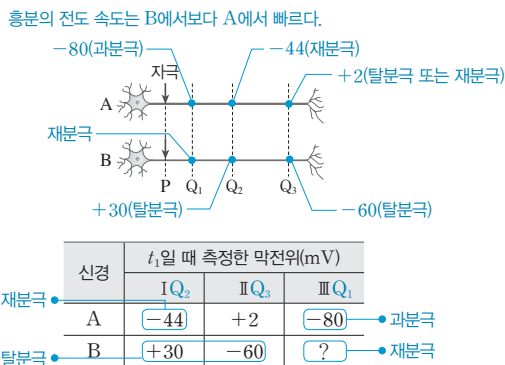
ㄴ.  $t_1$ 일 때는  $\text{Na}^+$ (㉠)이  $\text{K}^+$ (㉡)보다 막 투과도가 높고,  $t_2$ 일 때는  $\text{K}^+$ (㉡)이  $\text{Na}^+$ (㉠)보다 막 투과도가 높다.

따라서  $\frac{\text{K}^+ \text{의 막 투과도}}{\text{Na}^+ \text{의 막 투과도}}$ 는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 크다.

**바로알기** ㄷ.  $t_2$ 일 때는  $\text{Na}^+$ (㉠) 통로는 닫히고  $\text{K}^+$ (㉡) 통로가 열려  $\text{K}^+$ (㉡)이 세포 안에서 밖으로 확산되어 재분극이 일어나는 시점이다.

## 5 흥분의 발생과 전도

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ II는  $Q_3$ 에서 측정된 막전위이다.
- ㉡  $t_1$ 일 때 A의  $Q_2$ 에서  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산된다.
- ㉢  $t_1$ 일 때 B의  $Q_1$ 에서 탈분극이 일어나고 있다. 재분극

ㄱ. 만약 A의 III(-80 mV)이  $Q_2$ 나  $Q_3$ 에서 측정된 막전위라면 A의  $Q_1$ 은 막전위가 -80 mV ~ -70 mV이어야 한다. 그런데 A에서 이와 같은 값의 막전위가 측정된 지점이 없다. 따라서 III은  $Q_1$ 에서 측정된 막전위이다. 흥분의 전도 속도는 B에서보다 A에서 빠르는데 A의 I은 -44 mV, B의 I은 +30 mV이므로 A의 I은 재분극 상태이다. 한편, A의 II는 +2 mV이므로 A의 I보다 막전위 변화가 늦게 진행된 것이다. 따라서 II는 I보다 P에서 더 멀리 떨어진 지점의 막전위이므로, I은  $Q_2$ , II는  $Q_3$ 에서 측정된 막전위이다.

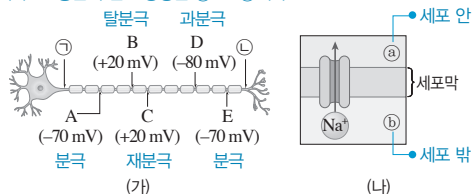
ㄴ.  $t_1$ 일 때 A의  $Q_2$ (I)에서는 재분극이 일어나고 있으므로 열린  $\text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산된다.

**바로알기** ㄷ.  $t_1$ 일 때 B의  $Q_2$ (I)에서 막전위가 최고점(+30 mV)에 이르렀으므로  $Q_1$ 에서는 재분극이 일어난다.

## 6 흥분의 발생과 전도

### [자료 분석]

D가 과분극인데 B, C의 막전위가 -80 ~ -70 mV가 아니다. → 흥분의 전도 방향은 ㉠ → ㉡이다.



### [선택지 분석]

- ㉠ 흥분의 전도 방향은 ㉠ → ㉡이다. ㉡ → ㉠
- ㉡ (나)는 B 지점에서 일어난다.
- ㉢ (나)에서 이온의  $\frac{\text{㉡에서의 농도}}{\text{㉠에서의 농도}}$ 는  $\text{Na}^+$ 이  $\text{K}^+$ 보다 크다.

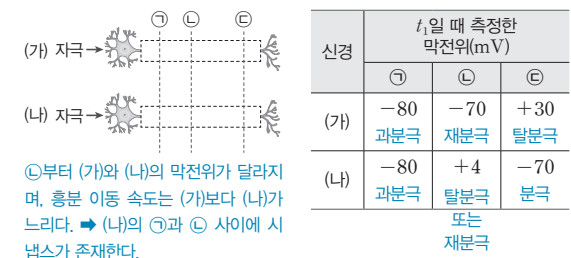
ㄴ. 만약 ㉠이 자극을 받은 지점이라면 D에서 과분극(-80 mV)이 일어났으므로 A, B, C는 모두 막전위가 -80 mV ~ -70 mV 이어야 하는데, A는 -70 mV, B는 +20 mV, C는 +20 mV로 그렇지 않다. 따라서 ㉠이 자극을 받은 지점이며, A는 분극, B는 탈분극, C는 재분극, D는 과분극, E는 분극 상태이다. (나)는  $\text{Na}^+$ 이  $\text{Na}^+$  통로를 통해 세포 밖에서 안으로 확산되는 모습이며, 이와 같은  $\text{Na}^+$ 의 이동은 탈분극일 때 일어난다. 따라서 (나)는 B 지점에서 일어난다.

ㄷ.  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖에서 세포 안으로 이동하므로 ㉠은 세포 안, ㉡은 세포 밖이다.  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖(㉡)에서의 농도가 세포 안(㉠)에서의 농도보다 항상 높으므로  $\frac{\text{㉡에서의 농도}}{\text{㉠에서의 농도}}$ 가 항상 1보다 크다.  $\text{K}^+$ 은 세포 밖(㉡)에서의 농도가 세포 안(㉠)에서의 농도보다 항상 낮으므로  $\frac{\text{㉡에서의 농도}}{\text{㉠에서의 농도}}$ 가 1보다 항상 작다.

**바로알기** ㄱ. 자극을 받은 지점은 ㉠이므로 흥분의 전도 방향은 ㉠ → ㉡이다.

## 7 흥분의 전도와 전달

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 ㉠과 ㉡ 사이에 시냅스가 있다. (나)
- ㉡  $t_1$ 일 때 (가)의 ㉡에서 대부분의  $\text{Na}^+$  통로는 닫혀 있다.
- ㉢  $t_1$ 일 때 (나)의 ㉢에서 세포막을 통한  $\text{Na}^+$ 의 이동에 ATP가 소모되지 않는다. 소모된다.

ㄴ.  $t_1$ 일 때 (가)와 (나)의 ㉠에서 모두 과분극이 일어나고 있다. (가)의 ㉡(-70 mV)은 ㉢(+30 mV)보다 탈분극이 먼저 진행된 부위이므로 ㉡은 재분극 상태이다. 재분극이 일어날 때 대부분의  $\text{Na}^+$  통로는 닫혀 있다.

**바로알기** ㄱ. ㉡에서 (가)와 (나)의 막전위가 달라지는데, (가)의 ㉡(-70 mV)은 재분극 상태이고, (나)의 ㉡(+4 mV)은 탈분극 또는 재분극 상태이므로, (나)의 ㉡은 막전위 변화가 (가)의 ㉡보다 늦게 진행된다. 따라서 (나)의 ㉠과 ㉡ 사이에서 흥분의 이동 속도가 느려진 것이다. 시냅스에서는 신경 전달 물질이 분비·확산되어 흥분이 전달되기 때문에 흥분의 이동 속도가 느려진다. 그러므로 시냅스는 (나)의 ㉠과 ㉡ 사이에 존재한다.

ㄷ.  $t_1$ 일 때 (나)의 ㉢은 분극 상태이다. 분극 상태일 때는  $\text{Na}^+$  -  $\text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 이 이동되며, 이때 ATP가 소모된다.



## 8 흥분의 전달

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 ‘-’이다.  
 ✕ B에 역치 이상의 자극을 주면 2개의 뉴런에서만 활동 전위가 발생한다. 4개  
 ✕ C의 축삭 돌기 말단에서 분비된 신경 전달 물질은 D의 막전위를 상승시키는 데 관여한다. 관여하지 않는다.

시냅스에서 흥분은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 시냅스 이후 뉴런의 가지 돌기나 신경 세포체로 전달되고, 그 반대 방향으로 전달되지 않는다. A와 C에 자극을 동시에 주었을 때 (나), (다), (라)에서 활동 전위가 발생하고, A와 D에 자극을 동시에 주었을 때 (나)와 (라)에서 활동 전위가 발생하였다. 따라서 A는 (나), B는 (가), C는 (다), D는 (라)이다.

㉡. C(다)와 D(라)에 자극을 동시에 주면, (다)와 (라)에서만 활동 전위가 발생하므로 (나)는 ‘-’이다.

바로알기 ㉢. B(가)에 역치 이상의 자극을 주면 B(가)를 포함하여 4개의 뉴런 (가)~(라)에서 모두 활동 전위가 발생한다.

㉣. C(다)와 D(라)는 시냅스로 연결되어 있지 않기 때문에 C(다)의 축삭 돌기 말단에서 분비된 신경 전달 물질은 D(라)의 막전위를 상승시키는 데 관여하지 않는다.

## 9 흥분의 발생과 전도

### [선택지 분석]

- ㉠ Ⅲ은  $d_2$ 에서 측정된 막전위이다.  
 ㉡  $t_1$ 일 때, A의  $d_3$ 에서의 막전위와 ㉠은 같다.  
 ㉢  $t_1$ 일 때, B의  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 유입된다.

막전위가  $-80 \text{ mV}$ 인 경우는 활동 전위 발생 후 재분극을 거쳐 과분극이 일어난 상태이다. Ⅱ는 A와 B의 막전위가 모두  $-80 \text{ mV}$ 이고, I, Ⅲ, IV 중 막전위가 과분극을 지나  $-80 \text{ mV} \sim -70 \text{ mV}$ 에 이른 것이 없으므로 Ⅱ가 가장 먼저 탈분극된 지점의 막전위라는 것을 알 수 있다. 따라서 Ⅱ는  $d_1$ 에서 측정된 막전위이다.

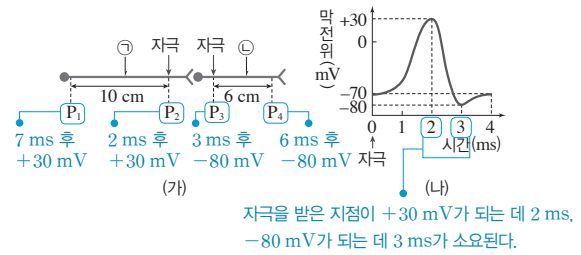
㉡. 흥분의 전도 속도는 A에서보다 B에서가 빠르다. 따라서 A의 I( $-55 \text{ mV}$ )은 B의 I( $-20 \text{ mV}$ )보다 막전위 변화가 먼저 일어날 수 없으므로 A의 I은 탈분극 상태이다. A의 Ⅲ( $+30 \text{ mV}$ )은 I( $-55 \text{ mV}$ )보다 탈분극이 먼저 일어나 막전위가 최고점에 도달하였으므로 Ⅲ이  $d_2$ , I이  $d_3$ 에서 측정된 막전위이다.

㉢. 흥분의 전도 속도가 A는  $2 \text{ cm/ms}$ , B는  $3 \text{ cm/ms}$ 이므로 A에서 흥분이  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 가는 데 걸리는 시간( $\frac{6 \text{ cm}}{2 \text{ cm/ms}} = 3 \text{ ms}$ )과 B에서 흥분이  $d_1$ 에서  $d_4$ 까지 가는 데 걸리는 시간( $\frac{9 \text{ cm}}{3 \text{ cm/ms}} = 3 \text{ ms}$ )이 같다. 따라서  $t_1$ 일 때 A의  $d_3$ 에서의 막전위(I,  $-55 \text{ mV}$ )와 ㉠의 막전위(IV,  $-55 \text{ mV}$ )는 같다.

㉣.  $t_1$ 일 때 A의  $d_2$ (Ⅲ)는 막전위가  $+30 \text{ mV}$ 로 최고점에 이르렀으므로 이보다 흥분의 전도 속도가 빠른 B의  $d_2$ (Ⅲ,  $-10 \text{ mV}$ )는 재분극이 일어나고 있는 상태이다.  $d_3$ 는  $d_2$ 보다 막전위 변화가 늦게 진행되므로 B의  $d_3$ (I,  $-20 \text{ mV}$ )는 탈분극이 일어나는 상태이다. 따라서  $t_1$ 일 때 B의  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 유입된다.

## 10 흥분의 전도와 전달

### [자료 분석]



- $P_2$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 되는 데  $2 \text{ ms}$  걸리므로 흥분이  $P_2$ 에서  $P_1$ 으로 전도되는 데  $7 - 2 = 5(\text{ms})$ 가 걸린다.  $\Rightarrow$  ㉠의 흥분 전도 속도는  $\frac{10(\text{cm})}{5(\text{ms})} = 2(\text{cm/ms})$
- $P_3$ 가  $-80 \text{ mV}$ 가 되는 데  $3 \text{ ms}$  걸리므로 흥분이  $P_3$ 에서  $P_4$ 로 전도되는 데  $6 - 3 = 3(\text{ms})$ 가 걸린다.  $\Rightarrow$  ㉡의 흥분 전도 속도는  $\frac{6(\text{cm})}{3(\text{ms})} = 2(\text{cm/ms})$

### [선택지 분석]

- ✕ 흥분의 전도 속도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 빠르다. ㉠과 ㉡에서 동일하다.  
 ㉢  $P_3$ 에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이  $8 \text{ ms}$ 일 때  $P_1$ 에서의 막전위는  $-70 \text{ mV}$ 이다.  
 ✕  $P_2$ 에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이  $9 \text{ ms}$ 일 때  $P_4$ 에서 재분극이 일어난다. 탈분극

㉢. 흥분 전달은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 시냅스 이후 뉴런의 신경 세포체 또는 가지 돌기 쪽으로 일어나고 그 반대 방향으로 일어나지 않는다. 따라서  $P_3$ 에 역치 이상의 자극을 주어도  $P_3$ 에서  $P_1$ 으로 흥분 전달이 일어나지 않아  $P_1$ 은 분극 상태이므로  $P_1$ 의 막전위는 휴지 전위인  $-70 \text{ mV}$ 이다.

바로알기 ㉡.  $P_2$ 는 자극을 받고  $2 \text{ ms}$ 가 지났을 때  $+30 \text{ mV}$ 가 되며,  $P_2$ 가 자극을 받고  $7 \text{ ms}$ 가 지났을 때  $P_1$ 이  $+30 \text{ mV}$ 가 된다.  $P_1$ 과  $P_2$ 의 거리는  $10 \text{ cm}$ 이며,  $P_2$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 된 후  $P_1$ 이  $+30 \text{ mV}$ 가 되기까지  $5(=7-2) \text{ ms}$ 가 걸리므로, ㉠의 흥분 전도 속도는  $\frac{10(\text{cm})}{5(\text{ms})} = 2(\text{cm/ms})$ 이다.  $P_3$ 는 자극을 받고

$3 \text{ ms}$ 가 지났을 때  $-80 \text{ mV}$ 가 되며,  $P_3$ 가 자극을 받고  $6 \text{ ms}$ 가 지났을 때  $P_4$ 는  $-80 \text{ mV}$ 가 된다.  $P_3$ 와  $P_4$ 의 거리는  $6 \text{ cm}$ 이며,  $P_3$ 가  $-80 \text{ mV}$ 가 된 후  $P_4$ 가  $-80 \text{ mV}$ 가 되기까지  $3(=6-3) \text{ ms}$ 가 걸리므로, ㉡의 흥분 전도 속도는  $\frac{6(\text{cm})}{3(\text{ms})} = 2(\text{cm/ms})$ 이다.

따라서 흥분의 전도 속도는 ㉠과 ㉡에서 동일하다.

㉣.  $P_2$ 에 역치 이상의 자극을 주고  $7 \text{ ms}$  후에  $P_3$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 되고 ㉠의 흥분 전도 속도가  $2 \text{ cm/ms}$ 이므로,  $P_2$ 에 역치 이상의 자극을 주고  $10 \text{ ms}$ 가 지났을 때( $P_3$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 되고  $3 \text{ ms}$  후)는  $P_3$ 에서  $6 \text{ cm}$  떨어진  $P_4$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 된다. 따라서  $P_2$ 에 역치 이상의 자극을 주고  $9 \text{ ms}$ 가 경과했을 때는  $P_4$ 가  $+30 \text{ mV}$ 가 되기  $1 \text{ ms}$  전이므로 탈분극이 일어나고 있다.

## 11 흥분의 발생과 전도

### [선택지 분석]

- ㉠ 흥분의 전도 속도는 A보다 B에서 빠르다.  
 ✕  $5 \text{ ms}$ 일 때, A의  $d_2$ 에서 탈분극이 일어나고 있다. 재분극  
 ㉢  $5 \text{ ms}$ 일 때,  $d_3$ 에서  $\frac{\text{A의 막전위}}{\text{B의 막전위}}$ 의 값은 1보다 크다.

ㄱ. A와 B의 P 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 주었는데 경과된 시간이 5 ms일 때 A의  $d_1$ 과 B의  $d_2$ 가 과분극(-80 mV) 되었으므로 흥분의 전도 속도는 A에서보다 B에서 빠르다.

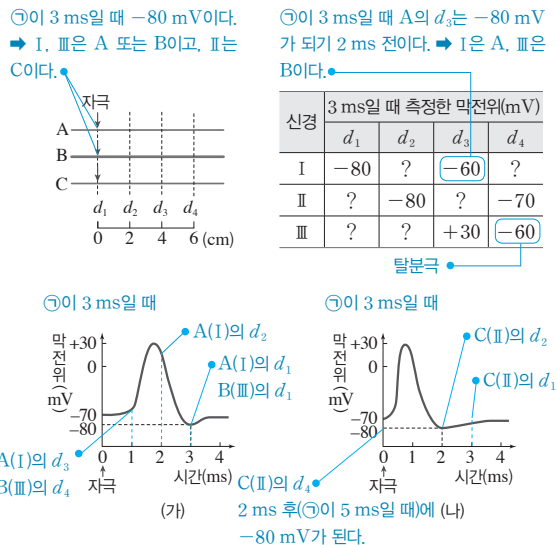
ㄴ. P에 자극을 주고 5 ms 후에 A의  $d_1$ 이 -80 mV로 과분극 되었으며, P가 과분극되는 데 3 ms가 걸린다. 따라서 P가 과분극된 후 A의  $d_1$ 과 B의  $d_2$ 가 과분극되는 데 2 ms가 걸린 것이므로 A의 흥분 전도 속도는  $\frac{4(\text{cm})}{2(\text{ms})} = 2(\text{cm/ms})$ , B의 흥분 전도 속도는  $\frac{6(\text{cm})}{2(\text{ms})} = 3(\text{cm/ms})$ 이다. 즉, 흥분이 1 ms 동안 A에서는 2 cm, B에서는 3 cm를 이동한다. 따라서 A의  $d_1$ 이 과분극 되었을 때  $d_1$ 으로부터 4 cm 떨어진  $d_3$ 는 과분극되기 2 ms 전이므로 막전위가 약 -60 mV이다. B의  $d_2$ 가 과분극되었을 때  $d_2$ 로부터 2 cm 떨어진  $d_3$ 는 과분극되기  $\frac{2}{3}$  ms 전이므로 막전위가 약 -50 mV이다. 따라서 5 ms일 때,  $d_3$ 에서

$$\frac{\text{A의 막전위}}{\text{B의 막전위}} = \frac{-60(\text{mV})}{-50(\text{mV})} \text{이므로 1보다 크다.}$$

**바로알기** ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이며, P가 과분극되는 데 3 ms가 걸리므로, P에서 6 cm 떨어진 A의  $d_2$ 는 P 지점에 자극을 주고 경과된 시간이 6 ms일 때 과분극된다. 따라서 P 지점에 자극을 주고 경과된 시간이 5 ms일 때 A의  $d_2$ 는 과분극되기 1 ms 전이며, 이때 A의  $d_2$ 에서는 재분극이 일어나고 있다.

## 12 흥분의 발생과 전도

### [자료 분석]



- (가)를 보면 A와 B는 ㉠이 3 ms일 때  $d_1$ 은 -80 mV이다. → I, Ⅲ은 A 또는 B이고, Ⅱ는 C이다.
- A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이므로, ㉠이 3 ms일 때 A의  $d_1$ 에서 4 cm 떨어진  $d_3$ 는 -80 mV가 되기 2 ms 전이다. 따라서 A의  $d_3$ 는 막전위가 -60 mV이다. → I은 A, Ⅲ은 B이다.
- (나)를 보면 C의  $d_1$ 은 ㉠이 2 ms일 때 -80 mV이고, 표를 보면 ㉠이 3 ms일 때  $d_2$ 가 -80 mV이다. → C의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이다.

### [선택지 분석]

C에서와 A에서가 같다.

✕ 흥분의 전도 속도는 C에서가 A에서보다 빠르다.

㉠ ㉠이 3 ms일 때 I의  $d_2$ 에서  $K^+$ 은  $K^+$  통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.

㉡ ㉠이 5 ms일 때 B의  $d_4$ 와 C의  $d_4$ 에서 측정된 막전위는 같다.

(가)에서 ㉠이 3 ms일 때 A와 B의  $d_1$ 은 막전위가 각각 -80 mV가 되므로 신경 I과 Ⅲ은 A와 B 중 하나이고, 신경 Ⅱ는 C이다. A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이므로 흥분이 2 cm 이동하는 데 1 ms가 걸린다. 따라서 A의  $d_1$ 이 -80 mV일 때 A의  $d_3$ 는 -80 mV가 되기 2 ms 전이므로 막전위가 -60 mV이다. 신경 I과 Ⅲ 중에서  $d_3$ 가 -60 mV인 것은 I이므로, 신경 I이 A이고, Ⅲ은 B이다.

ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이므로 (가)를 보면 ㉠이 3 ms일 때 I(A)의  $d_1$ 에서 2 cm 떨어진  $d_2$ 는 -80 mV가 되기 1 ms 전이므로 재분극 상태이다. 따라서 ㉠이 3 ms일 때 I(A)의  $d_2$ 에서  $K^+$ 이  $K^+$  통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.

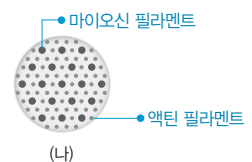
ㄴ. ㉠이 3 ms일 때 B(Ⅲ)의  $d_3$ 는 막전위가 최고점(+30 mV)이므로 막전위가 -60 mV인  $d_4$ 는 탈분극 상태이다. (가)에서  $d_4$ 와 같이 막전위가 -60 mV인 탈분극 시점은 -80 mV가 되기 2 ms 전이다. 따라서 ㉠이 3 ms일 때에서 2 ms 후인 ㉠이 5 ms일 때 B(Ⅲ)의  $d_2$ 는 -80 mV가 된다. 한편, (나)를 보면 C의  $d_1$ 은 ㉠이 2 ms일 때 -80 mV가 되는데 ㉠이 3 ms일 때 C(Ⅱ)의  $d_2$ 가 -80 mV이므로, 흥분이  $d_1$ 에서  $d_2$ 까지 2 cm 전도되는데 1 ms 걸린 것이다. 따라서 C의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이며, ㉠이 3 ms일 때  $d_2$ 에서 4 cm 떨어진  $d_4$ 는 -80 mV가 되기 2 ms 전이다. 따라서 2 ms 후인 ㉠이 5 ms일 때 C의  $d_4$ 는 -80 mV가 된다.

**바로알기** ㄱ. C에서의 흥분 전도 속도와 A에서의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms로 동일하다.

## 13 골격근의 구조와 수축 과정

### [자료 분석]

구분	X의 길이(μm)
㉠	2.0
㉡	1.7



㉠ → ㉡(근수축 시): 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가 X의 길이가 짧아진다. → 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분이 길어지고, H대의 길이는 짧아지며, A대의 길이는 변화 없다.

### [선택지 분석]

㉠ ㉠에서 ㉡으로 될 때 단면이 (나)와 같은 부분의 길이가 길어진다.

✕ ㉠일 때 H대의 길이는 0.2 μm이다. 0.1 μm

✕ X의  $\frac{\text{A대의 길이}}{\text{액틴 필라멘트의 길이}}$ 는 ㉠일 때보다 ㉡일 때가 작다. ㉠일 때와 ㉡일 때가 같다.

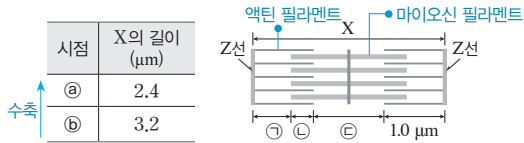
ㄱ. ㉠에서 ㉡으로 될 때 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 들어가므로 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분의 길이가 길어진다. (나)는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분의 단면에서 관찰되는 필라멘트의 분포이다. 따라서 ㉠에서 ㉡으로 될 때 단면이 (나)와 같은 부분의 길이가 길어진다.

**바로알기** ㄴ. 마이오신 필라멘트만 있는 부분은 H대이므로 ㉠일 때 H대의 길이는 0.4 μm이다. ㉠에서 ㉡으로 될 때 X의 길이가 0.3 μm 감소하며, 그 만큼 H대의 길이도 감소한다. 따라서 ㉡일 때 H대의 길이는 0.4 - 0.3 = 0.1(μm)이다.

ㄷ. 근수축 시 A대의 길이와 액틴 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.  
다. 따라서  $\frac{A대의\ 길이}{액틴\ 필라멘트의\ 길이}$ 는 ㉠일 때와 ㉡일 때가 같다.

## 14 골격근의 구성과 수축 과정

### [자료 분석]



- 근수축 시 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트(㉠+㉡)의 길이는 변하지 않는다.  
→ A대의 길이는 1.6 μm, ㉠+㉡의 길이는 1.0 μm로 일정하다.
- ㉠의 길이 =  $\frac{X의\ 길이 - A대의\ 길이}{2}$ , ㉡의 길이 = 1.0 - ㉠의 길이.  
㉢의 길이 = X의 길이 - 1.0 × 2

시점	㉠	㉡	㉢(H대)	A대
㉠	0.4μm	0.6μm	0.4μm	1.6μm
㉡	0.8μm	0.2μm	1.2μm	1.6μm

### [선택지 분석]

- ✗ 근육 원섬유는 동물의 구성 단계 중 세포 단계이다. **근육 섬유**
- ㉠ ㉠일 때 H대의 길이는 0.4 μm이다.
- ✗ ㉡의 길이  
㉠의 길이+㉡의 길이는 ㉢일 때보다 ㉠일 때가 작다. **크다.**

ㄴ. ㉠일 때 X의 길이는 2.4 μm이고 ㉠+㉡의 길이는 1.0 μm  
이므로 H대(㉢)의 길이는 2.4 - 1.0 × 2 = 0.4 μm이다.

바로알기 ㄱ. 골격근을 구성하는 세포는 근육 섬유이다.

ㄷ. ㉡에서 ㉠로 될 때 근수축이 일어나므로 ㉠과 ㉡의 길이는  
짧아지고, ㉡의 길이는 길어진다. 따라서  $\frac{㉡의\ 길이}{㉠의\ 길이+㉡의\ 길이}$   
는 ㉢일 때보다 ㉠일 때가 크다.

## 15 골격근의 수축 과정

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡의 길이는 ㉠일 때보다 ㉢일 때 같다.
- ✗ 마이오신 필라멘트의 길이는 ㉢일 때가 ㉠일 때보다 길다.  
㉠일 때와 ㉢일 때가 같다.
- ㉢  $\frac{㉢일\ 때\ H대의\ 길이 - ㉠일\ 때\ H대의\ 길이}{㉢일\ 때\ X의\ 길이} = \frac{1}{5}$ 이다.

ㄱ. 근수축 시 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트의 겹치는 구간  
(㉠)의 길이는 증가하고, 그 만큼 액틴 필라멘트만 있는 구간(㉡)  
의 길이는 감소한다. 따라서 ㉠일 때보다 ㉢일 때 ㉠의 길이가  
짧으므로 ㉡의 길이는 ㉠일 때보다 ㉢일 때 길다.

ㄷ. 근수축 시 좌우 ㉠의 길이가 길어진 만큼 X의 길이와 H대의  
길이는 짧아진다. ㉠일 때는 ㉢일 때보다 ㉠이 0.3 μm 길므로,  
X의 길이와 H대의 길이는 0.3 × 2 = 0.6 μm가 짧다. ㉠일 때 X  
의 길이가 2.4 μm이므로 ㉢는 2.4 + 0.6 = 3.0 μm이고, '㉢일  
때 H대의 길이 - ㉠일 때 H대의 길이'는 0.6 μm이다. 따라서  
 $\frac{㉢일\ 때\ H대의\ 길이 - ㉠일\ 때\ H대의\ 길이}{㉢일\ 때\ X의\ 길이} = \frac{0.6}{3.0} = \frac{1}{5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 마이오신 필라멘트의 길이는 근수축 과정에서 변하  
지 않으므로 ㉠일 때와 ㉢일 때 같다.

## 16 골격근의 구성과 수축 과정

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡는 여러 개의 핵을 가진 세포이다.
- ㉡ 이 골격근에는 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린을 분비하는  
원심성 뉴런이 연결되어 있다.
- ✗ ㉢의 길이  
㉠의 길이+㉡의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 작다. **크다.**

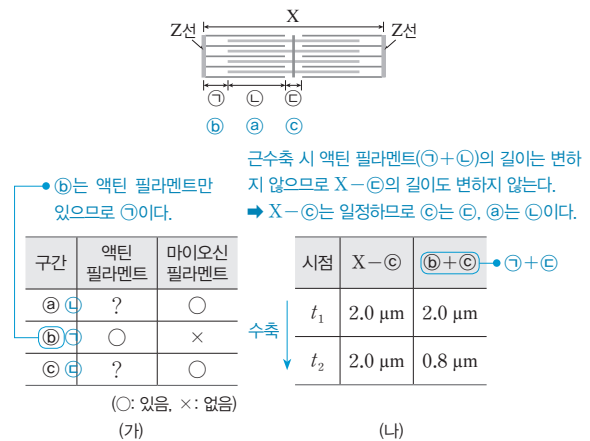
ㄱ. 근육 섬유(㉠)는 여러 개의 핵을 가지고 있는 다핵성 세포이다.  
ㄴ. 골격근에는 원심성 뉴런인 운동 뉴런이 연결되어 있다. 운동  
뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

바로알기 ㄷ. '㉠의 길이+㉡의 길이'는 근수축 시 변하지 않는다.  
㉢은 H대이며, H대의 길이는 근수축 시 짧아진다.  $t_1$ 일 때보다  
 $t_2$ 일 때 X의 길이가 짧은 것으로 보아 근육이 더 수축된 상태이므  
로, H대(㉢)의 길이도  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 짧다.

따라서  $\frac{㉢의\ 길이}{㉠의\ 길이+㉡의\ 길이}$ 는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

## 17 골격근의 수축 과정

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡는 H대이다.
- ✗ ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값은  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같  
다.  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 길다.
- ㉢ X의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 0.8 μm 길다.

㉢에는 액틴 필라멘트가 있고 마이오신 필라멘트가 없으므로 ㉢  
는 ㉠이다.  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 X-㉢의 값이 같은데, 근수축 시 X-  
㉢의 길이는 변하지 않고 X-㉡의 길이는 줄어든다. 따라서 ㉢  
는 ㉢이고, ㉠은 ㉡이다.

ㄱ. ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 H대이므로 ㉢은 H대이다.  
ㄷ.  $t_2 \rightarrow t_1$ 일 때 X의 길이가 P만큼 증가하면 ㉢(㉠)의 길이는  
 $\frac{1}{2}$ P만큼, ㉣(㉡)의 길이는 P만큼 증가한다. ㉢+㉣는  $t_1$ 일 때가  
 $t_2$ 일 때보다 1.2(μm) 더 길므로  $\frac{1}{2}P + P = 1.2(\mu m)$ ,  $P = 0.8(\mu m)$   
이다. 따라서 X의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 0.8 μm 길다.

바로알기 ㄴ. X의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 0.8 μm 길다. 따  
라서  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 ㉠(㉡)의 길이는 0.4 μm 짧고, ㉣  
(㉢)의 길이는 0.8 μm 길다. 따라서 ㉠(㉡)의 길이와 ㉣(㉢)의  
길이를 더한 값은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 0.4 μm 길다.

## 05 신경계

### 개념 확인 문제

본책 57쪽, 59쪽

- 1 (1) A: 대뇌, B: 간뇌, C: 중간뇌, D: 소뇌, E: 연수      2 (1) ○  
 (2) × (3) × (4) ×      3 (1) ㉠ 운동 뉴런, ㉡ 회색질 (2) ㉠ 축삭  
 돌기, ㉡ 백색질 (3) ㉠ 후근, ㉡ 전근      4 (1) 중간뇌 (2) 척수  
 (3) 대뇌      5 (1) ㉠ 구심성, ㉡ 원심성 (2) ㉠ 운동, ㉡ 대뇌 (3) 자율  
 6 ㄷ, ㄹ      7 (1) (가) 교감 신경 (2) A: 아세틸콜린, B: 노르에피네프린, C: 아세틸콜린, D: 아세틸콜린      8 ㉣

1 뇌의 대부분을 차지하고 있는 A는 대뇌, 대뇌의 아래에 있는 B는 간뇌, 간뇌의 아래에 있는 C는 중간뇌, 대뇌 뒤쪽 아래에 있는 D는 소뇌, 뇌교와 척수 사이에 있는 E는 연수이다.

2 (1) 대뇌(A)의 겉질은 뉴런의 신경 세포체가 모여 있는 회색질이고, 속질은 축삭 돌기가 모여 있는 백색질이다.  
 (2) 중간뇌(C), 뇌교, 연수(E)를 합쳐 뇌줄기라고 한다.  
 (3) 중간뇌(C)는 동공 반사를 조절하는 중추이다. 대뇌와 함께 수의 운동을 조절하고, 몸의 평형을 유지하는 뇌는 소뇌(D)이다.  
 (4) 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동을 조절하는 뇌는 연수(E)이다.

3 (1) 척수의 속질(A)은 운동 뉴런의 신경 세포체와 연합 뉴런이 모여 있는 회색질이다.  
 (2) 척수의 겉질(B)은 뉴런의 축삭 돌기가 모여 있는 백색질이다.  
 (3) 척수의 등 쪽으로 연결되어 있는 C는 척수에서 나오는 감각 신경 다발인 후근이다. 척수의 배 쪽으로 연결되어 있는 D는 척수에서 나오는 운동 신경 다발인 전근이다.

4 (1) 눈에 불빛을 비추면 동공이 작아지는 것은 동공 반사가 일어났기 때문이며, 동공 반사의 중추는 중간뇌이다.  
 (2) 뜨거운 물체를 만졌을 때 자신도 모르게 손을 떼는 반응은 회피 반사이며, 회피 반사의 중추는 척수이다.  
 (3) 날아오는 공을 보고 야구 방망이를 휘둘러 공을 치는 반응은 의식적인 반응이며, 의식적인 반응의 중추는 대뇌이다.

5 (1) 감각 신경은 몸의 말초에서 중추 신경계로 감각 정보를 전달하는 구심성 신경이며, 구심성 뉴런으로 이루어져 있다. 체성 신경계와 자율 신경계는 중추 신경계에서 반응기로 반응 명령을 전달하는 원심성 신경이며, 원심성 뉴런으로 이루어져 있다.  
 (2) 체성 신경계는 운동 신경으로 구성되어 있으며, 골격근에 분포하여 대뇌의 지배를 받아 의식적인 골격근의 반응을 조절한다.  
 (3) 자율 신경계는 내장 기관, 혈관, 분비샘 등에 분포하여 소화, 순환, 호흡, 호르몬 분비 등 생명 유지에 필수적인 기능을 조절한다.

6 ㄱ. 자율 신경계는 대뇌의 조절을 직접 받지 않고 간뇌, 중간뇌, 연수의 조절을 받는다.  
 ㄴ. 체성 신경계와 자율 신경계는 서로 반대로 작용하는 길항 작용을 하지 않는다.  
 ㄷ. 자율 신경은 교감 신경과 부교감 신경으로 이루어져 있으며, 교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다.

ㄹ. 운동 신경의 축삭 돌기 말단과 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

7 (1) (가)는 교감 신경, (나)는 부교감 신경이다. 교감 신경은 몸을 긴장 상태로 만들고, 부교감 신경은 교감 신경과 반대로 작용하여 긴장 상태의 몸을 안정 상태로 회복시킨다.  
 (2) 교감 신경과 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런과 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린(A, C, D)이 분비된다. 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린(B)이 분비된다.

8 교감 신경은 동공을 확대시키고, 방광을 이완시키며, 기관지를 확장시킨다. 또한, 심장 박동을 촉진하며, 소화관 운동과 소화액 분비를 억제한다.

### 수능 자료 마스터

본책 60쪽~61쪽

자료 ㉠ 1 ㉠

자료 ㉡ 2 ㉡

자료 ㉢ 3 ㉢

1 ㄱ. 중간뇌는 부교감 신경이 나오고, 뇌줄기를 구성하며, 동공 반사의 중추이다. 연수는 부교감 신경이 나오고 뇌줄기를 구성하며, 척수는 부교감 신경이 나온다. 이처럼 ㉠~㉣ 중에 소뇌의 특징이 없고, 중간뇌는 세 가지, 연수는 두 가지, 척수는 한 가지 특징이 있다. 따라서 A는 척수, B는 중간뇌, C는 소뇌, D는 연수이고, ㉢은 '동공 반사의 중추이다.', ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.', ㉡은 '부교감 신경이 나온다.'이다.

바로알기 ㄴ. A는 특징 ㉠~㉣ 중 ㉢(부교감 신경이 나온다.) 한 가지만 있으므로 척수이다.

ㄷ. 배뇨 반사의 중추는 소뇌(C)가 아니라 척수(A)이다.

2 ㄴ. B는 척수와 골격근을 연결하는 운동 뉴런이다. 운동 뉴런의 신경 세포체는 척수의 속질인 회색질에 존재한다.

바로알기 ㄱ. A는 축삭 돌기의 한쪽에 신경 세포체가 치우쳐 있으므로 감각 뉴런(구심성 뉴런)이다. 자율 신경계는 원심성 뉴런으로 이루어져 있다.

ㄷ. 무릎 반사(㉠)가 일어나는 동안 ㉠은 수축이 억제되며, 골격근이 수축할 때 액틴 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.

3 ㄱ. A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다. 운동을 하면 교감 신경이 흥분하여 심장 박동과 호흡 운동이 촉진되므로 심장 박출량과 호흡수가 모두 증가한다. 따라서 ㉠은 평상시, ㉡은 운동 시에 해당하며, 단위 시간당 교감 신경(A)의 신경절 이후 뉴런의 활동 전위 발생 횟수는 평상시(㉠)가 운동 시(㉡)보다 적다.

ㄴ. 심장 박동과 호흡 운동의 조절 중추는 연수이며 심장과 연결된 교감 신경은 척수로부터, 부교감 신경은 연수로부터 나온다. 따라서 심장과 연결된 부교감 신경(B)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.

바로알기 ㄷ. 평상시보다 운동 시에 호흡수가 더 많아 폐에서의 기체 교환이 활발하게 일어나므로, 폐포 모세 혈관에서 폐포로의 이산화 탄소 이동 속도는 운동 시(㉡)가 평상시(㉠)보다 빠르다.



- 1 ④    2 ⑤    3 ①    4 ③    5 ④    6 ③  
7 ③    8 ③

## 1 중추 신경계의 구조와 기능

### [선택지 분석]

- ① A에는 시상이 존재한다.  
② B는 동공 반사의 중추이다.  
③ C는 뇌줄기에 속한다.  
④ D에서 나온 운동 신경 다발이 후근을 이룬다. **전근**  
⑤ E의 겉질에 신경 세포체가 존재한다.

- ① A(간뇌)는 시상과 시상 하부로 구분된다.  
② B(중간뇌)는 동공 반사의 중추이다.  
③ C(연수)는 중간뇌, 뇌교와 함께 뇌줄기를 이룬다.  
⑤ E(대뇌)의 겉질은 신경 세포체가 모여 있는 회색질이다.  
**[바로알기]** ④ D(척수)에서 배 쪽으로 나온 운동 신경 다발은 전근을 이루고, 등 쪽으로 나온 감각 신경 다발이 후근을 이룬다.

## 2 중추 신경계의 구조와 특징

### [자료 분석]

척수, 중간뇌, 간뇌 중 부교감 신경이 나오지 않는 곳은 간뇌이다.    무릎 반사의 중추는 척수이다.

특징 \ 구조	A 간뇌	B 척수	C 중간뇌
부교감 신경이 나온다.	×	? ○	○
무릎 반사의 중추이다.	? ×	○ ○	×

(○: 있음, ×: 없음)

### [선택지 분석]

- ㉠ A는 체온 조절 중추이다.  
㉡ C는 중간뇌이다.  
㉢ ㉠은 '○'이다.

척수와 중간뇌에서 부교감 신경이 나오고, 무릎 반사의 중추는 척수이다. 따라서 A는 간뇌, B는 척수, C는 중간뇌이다.

㉠. 체온을 조절하는 중추는 간뇌(A)의 시상 하부이다. 간뇌의 시상 하부는 체온뿐만 아니라 혈당량, 혈장 삼투압을 조절하여 우리 몸의 항상성을 유지한다.

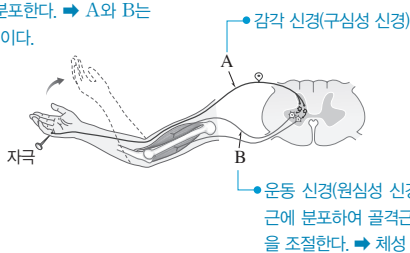
㉡. C는 부교감 신경이 나오고 무릎 반사의 중추가 아니므로 중간뇌이다.

㉢. 척수(B)는 무릎 반사의 중추이므로, ㉠은 '○'이다.

## 3 회피 반사의 흥분 전달 경로

### [자료 분석]

A와 B는 척수에서 나와 손가락과 팔에 분포한다. → A와 B는 척수 신경이다.



### [선택지 분석]

- ㉠ A는 척수 신경이다.  
㉡ B는 자율 신경계에 속한다. **체성 신경계**  
㉢ 이 반사의 조절 중추는 뇌줄기를 구성한다. **구성하지 않는다.**

㉠. 척수 신경은 척수에서 나와 온몸에 분포하는 말초 신경이다. A는 척수와 연결된 말초 신경인 감각 신경이므로 척수 신경에 해당한다.

**[바로알기]** ㉡. B는 골격근에 연결되어 있는 운동 신경이므로 자율 신경계가 아니라 체성 신경계에 속한다. 자율 신경계는 주로 내장 기관, 혈관, 분비샘에 분포한다.

㉢. 날카로운 핀에 손이 찔렸을 때 무의식적으로 손을 들어 올리는 반사는 회피 반사이며, 회피 반사의 중추는 척수이다. 뇌줄기는 중간뇌, 뇌교, 연수로 구성되며, 척수는 뇌줄기에 포함되지 않는다.

## 4 무릎 반사의 흥분 전달 경로

### [선택지 분석]

- ㉠ A에서 흥분의 이동은 도약전도를 통해 일어난다.  
㉡ B는 전근을 이룬다.  
㉢ ㉠이 일어나는 동안 ㉡의 근육 원섬유 마디에서 A대의 길이가 길어진다. **변화 없다.**

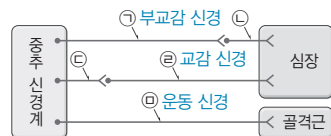
㉠. A는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽에 치우쳐 있으므로 감각 신경이다. 감각 신경은 말아집 신경이므로 말아집에 싸여 있지 않은 랑비에 겹질에서만 활동 전위가 발생하여 흥분이 전도되는 도약전도가 일어난다.

㉡. B는 축삭 돌기 말단이 골격근에 연결되어 있으므로 운동 신경이다. 척수에서 배 쪽으로 나온 운동 신경은 전근을 이룬다.

**[바로알기]** ㉢. ㉠이 일어나는 동안 근육 ㉡은 수축하지만 ㉡의 근육 원섬유 마디에서 A대의 길이는 변하지 않는다.

## 5 자율 신경과 운동 신경의 구조

### [자료 분석]



- 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다. → ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉡은 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다.
- 교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다. → ㉢은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉣은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다.
- 골격근에 연결된 ㉤은 운동 신경이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠의 신경 세포체는 연수에 있다.  
㉡ ㉠과 ㉡의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 같다.  
㉢ ㉢은 후근을 통해 나온다. **전근**

자율 신경은 중추에서 나와 반응기에 이르기까지 2개의 뉴런이 시냅스를 이루고 있다. 한편, 체성 신경인 운동 신경은 중추에서 나와 반응기(골격근)에 이르기까지 1개의 뉴런으로 이루어져 있다. 따라서 ㉠과 ㉡, ㉢과 ㉣은 자율 신경이고 ㉤은 체성 신경인 운동 신경이다.



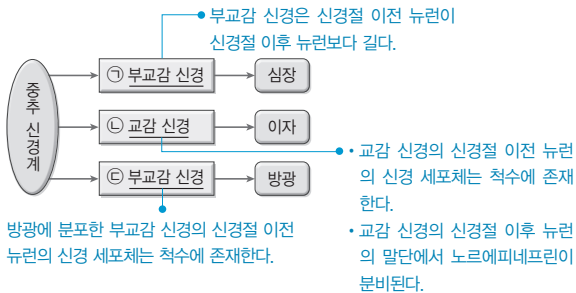
ㄱ. ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런이며, 심장과 연결된 부교감 신경은 연수에서 나온다. 따라서 ㉠의 신경 세포체는 연수에 있다.

ㄴ. ㉡은 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런, ㉢은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이며, 두 뉴런의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

**바로알기** ㄷ. ㉣은 운동 신경이다. 다리 골격근에 분포한 운동 신경은 척수에서 전근을 통해 나온다.

## 6 자율 신경의 구조

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다.  
 ✕ ㉠의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다. 노르에피네프린  
 ㉡ ㉡과 ㉢의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 척수에 존재한다.

ㄱ. ㉠ 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다.

ㄷ. ㉡ 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 척수에 존재한다. ㉢은 방광과 연결된 부교감 신경이며, 방광과 연결된 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체가 척수에 존재한다. 따라서 ㉡과 ㉢의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 척수에 존재한다.

**바로알기** ㄴ. ㉡ 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.

## 7 자율 신경의 구조

### [선택지 분석]

- ㉠ X와 Y는 모두 말초 신경계에 속한다.  
 ㉡ X에 역치 이상의 자극을 주면 X의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비된다.  
 ✕ Y의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다. 척수

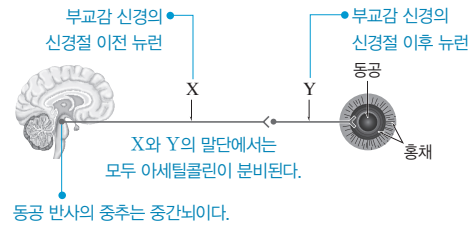
ㄱ. X는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길므로 부교감 신경, Y는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으므로 교감 신경이다. 부교감 신경(X)과 교감 신경(Y)은 모두 말초 신경계에 속한다.

ㄴ. 부교감 신경(X)의 신경절 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단과 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다. 따라서 X에 역치 이상의 자극을 주면 X의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비된다.

**바로알기** ㄷ. 교감 신경(Y)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수에 있다. 위와 연결된 부교감 신경(X)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.

## 8 자율 신경의 구조와 동공 반사의 중추

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ X와 Y는 모두 말초 신경계에 속한다.  
 ㉡ Y 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.  
 ✕ 동공 크기 조절의 중추는 연수이다. 중간뇌

ㄱ. X와 Y는 각각 부교감 신경을 이루는 신경절 이전 뉴런과 신경절 이후 뉴런이므로 말초 신경계에 속한다.

ㄴ. Y(부교감 신경의 신경절 이후 뉴런)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

**바로알기** ㄷ. 동공 크기 조절의 중추는 중간뇌이다.

## 수능 3점 끝하기

본책 64쪽~67쪽

1 ②	2 ②	3 ④	4 ③	5 ③	6 ④
7 ③	8 ③	9 ①	10 ②	11 ②	12 ③
13 ⑤	14 ①	15 ③	16 ②		

## 1 대뇌 겹질의 기능 영역

### [선택지 분석]

- ✕ A가 손상되면 입술의 감각이 없어진다.  
 입술의 감각은 있지만 입술을 움직이지 못한다.  
 ㉡ B에 역치 이상의 자극을 주면 오른손의 손가락이 움직인다.  
 ✕ C에 역치 이상의 자극을 주면 무릎 반사에 의해 다리가 올라간다.  
 무릎 반사는 일어나지 않고 무릎의 감각을 느낄 수 있다.

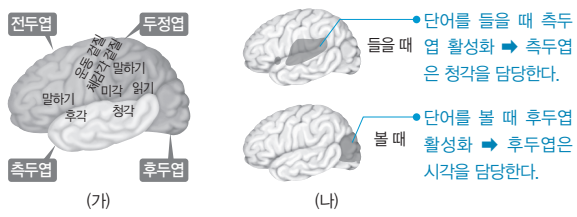
ㄴ. B는 오른손의 손가락 근육을 움직이도록 하는 운동령이다. 연수에서 좌우 신경의 교차가 일어나므로 좌반구의 운동령은 신체 오른쪽의 움직임을 담당한다.

**바로알기** ㄱ. A는 입술의 운동을 담당하는 운동령이므로 A가 손상되면 입술을 움직일 수 없지만 입술의 감각은 있다.

ㄷ. C는 대뇌에서 무릎 부위의 감각을 담당하는 감각령이고, 무릎 반사의 중추는 척수이다. 따라서 C에 역치 이상의 자극을 주면 감각만 느낄 수 있고 무릎 반사는 일어나지 않는다.

## 2 대뇌의 영역별 기능

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ 전두엽에 감각력이 있다. 두정엽
- 후두엽이 손상되면 시각 장애가 나타날 수 있다.
- ✗ 소리를 느끼는 기능은 주로 측두엽의 백색질에서 담당한다. 회색질(겉질)

대뇌의 기능은 주로 대뇌 겉질에서 일어나며, 대뇌 겉질은 영역별로 기능이 분업화되어 있다.

ㄴ. 단어를 볼 때 주로 후두엽이 활성화되므로 후두엽에는 시각에 관여하는 부위가 있다. 따라서 후두엽이 손상되면 시각 장애가 나타날 수 있다.

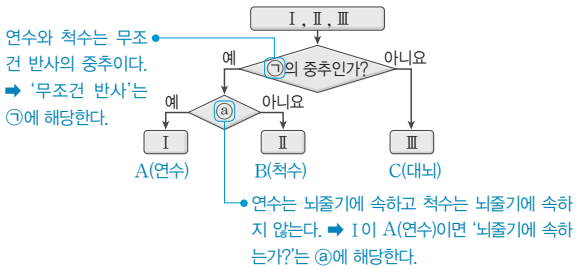
바로알기 ㄱ. 두정엽에 있는 체감각 겉질이 감각 정보를 처리하는 부위이므로, 두정엽에 감각력이 있다.

ㄷ. 소리를 느끼는 청각 기능을 담당하는 부위는 측두엽에 있는데, 대뇌의 기능은 속질인 백색질이 아니라 주로 겉질인 회색질에서 담당한다.

## 3 중추 신경계의 구성과 특징

### [자료 분석]

구분	특징
연수 A	침 분비를 촉진한다.
척수 B	무릎 반사의 중추이다.
대뇌 C	연합력이 있다.



### [선택지 분석]

- A가 I이면 '뇌줄기에 속하는가?'는 ②에 해당한다.
- ✗ '수의 운동'은 ①에 해당한다. '무조건 반사'는
- C의 겉질에는 신경 세포체가 있다.

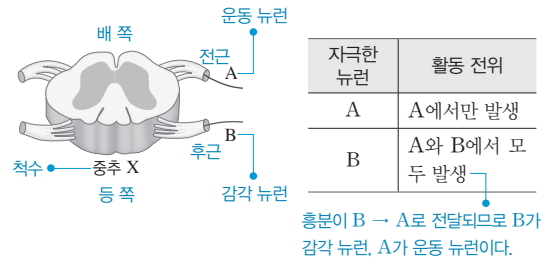
ㄱ. A는 연수, B는 척수, C는 대뇌이며, 연수와 척수는 무조건 반사의 중추, 대뇌는 의식적인 반응 및 수의 운동의 중추이다. 따라서 A(연수)가 I이면 '무조건 반사'는 ①에 해당하며, 연수는 뇌줄기에 속하므로 '뇌줄기에 속하는가?'는 ②에 해당한다.

ㄷ. C(대뇌)의 겉질은 신경 세포체가 모인 회색질이다.

바로알기 ㄴ. 연수, 척수, 대뇌 중 수의 운동을 조절하는 중추는 대뇌뿐이다. 따라서 ①이 '수의 운동'이라면 '예'에 해당하는 것이 I과 II 두 가지가 될 수 없다.

## 4 척수의 구조와 기능

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ A는 척수의 등 쪽에서 나온다. 배 쪽
- ✗ B의 신경 세포체는 척수의 겉질에 존재한다. 후근의 신경절
- X는 뜨거운 물체에 손이 닿자마자 손을 떼는 반응의 중추이다.

X(척수)에 연결된 A와 B는 각각 감각 뉴런과 운동 뉴런 중 하나이며, 무조건 반사에서 흥분은 감각 뉴런 → 척수 → 운동 뉴런으로 전달된다. A를 자극하면 A에서만 활동 전위가 발생하고, B를 자극하면 A와 B에서 모두 활동 전위가 발생하므로 흥분이 B → A 방향으로 전달되며, A는 운동 뉴런, B는 감각 뉴런이다.

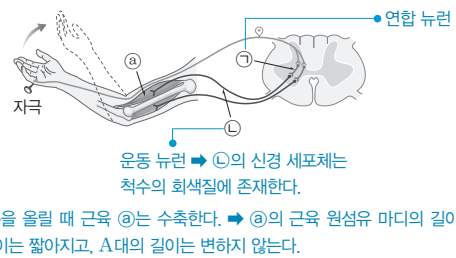
ㄷ. X는 척수이며, 뜨거운 물체에 손이 닿자마자 손을 떼는 반응은 회피 반사이다. 회피 반사의 중추는 척수이다.

바로알기 ㄱ. 척수의 등 쪽에 연결된 후근은 감각 뉴런(B) 다발이고, 척수의 배 쪽에 연결된 전근은 운동 뉴런(A) 다발이다.

ㄴ. 감각 뉴런(B)의 신경 세포체는 척수에서 나온 후근의 신경절에 존재한다. 척수의 겉질에는 운동 뉴런(A)과 감각 뉴런(B)의 축삭 돌기가 모여 있다.

## 5 회피 반사의 흥분 전달 경로

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ①은 연합 뉴런이다.
- ②의 신경 세포체는 척수의 회색질에 존재한다.
- ✗ ③의 근육 원섬유 마디에서  $\frac{A대의 길이}{I대의 길이+H대의 길이}$ 가 작아진다. 커진다.

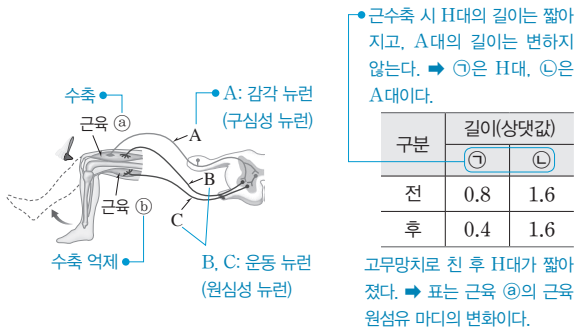
ㄱ. 날카로운 물체에 손이 닿았을 때 손을 재빨리 올리는 회피 반사의 중추는 척수이다. ①은 감각 뉴런과 운동 뉴런을 연결하며 척수의 속질에 분포하므로 연합 뉴런이다.

ㄴ. ②은 골격근에 연결되어 있는 운동 뉴런이다. 운동 뉴런의 신경 세포체는 척수의 회색질에 있다.

바로알기 ㄷ. 회피 반사에서 손을 올릴 때 근육 ③은 수축한다. 근육 수축 시 A대의 길이는 변하지 않고, I대와 H대의 길이는 짧아진다. 따라서  $\frac{A대의 길이}{I대의 길이+H대의 길이}$ 는 커진다.

## 6 무릎 반사의 흥분 전달 경로

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠에는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트 중 마이오신 필라멘트만 존재한다.
- ㉡ A는 원심성 뉴런이다. **구심성**
- ㉢ 표는 근육 ③을 구성하는 근육 원섬유 마디에서 일어난 길이 변화이다.

ㄱ. ㉠은 H대, ㉡은 A대이다. H대는 마이오신 필라멘트만 존재하는 구간이다.

ㄴ. 무릎 반사가 일어날 때 ㉢는 수축하고, ㉣는 수축이 억제된다. 따라서 표는 ㉢를 구성하는 근육 원섬유 마디에서 일어난 길이 변화이다.

**[바로알기]** ㄴ. A는 감각 뉴런, B와 C는 운동 뉴런이다. 감각 뉴런은 구심성 뉴런이고, 운동 뉴런은 원심성 뉴런이다.

## 7 여러 가지 반응 경로

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)와 (나)가 일어나는 경로에 모두 F가 관여한다.
- ㉡ 기타 소리를 듣고 그에 따라 노래를 할 때의 흥분 전달 경로는 A → B → E → F이다. **A → B → C**
- ㉢ 배뇨 반사는 G → H → I의 경로를 통해 일어나는 반응에 해당한다.

얼굴 부위에 분포한 감각 신경과 운동 신경은 척수를 지나가지 않고, 얼굴 아래 신체 부위에 분포한 감각 신경과 운동 신경은 척수를 지나간다.

ㄱ. (가)에서 눈으로 들어온 시각 자극은 척수를 거치지 않고 감각 신경(A)을 통해 대뇌(B)로 전달되며, 대뇌의 명령은 운동 신경(E, F)을 통해 반응기로 전달된다. 따라서 (가)의 반응 경로는 A → B → E → F이다. (나)에서는 감각기(손의 피부)에서 받아들인 자극이 감각 신경(G, D)을 통해 대뇌(B)로 전달되고, 대뇌의 명령이 운동 신경(E, F)을 통해 반응기로 전달된다. 따라서 (나)의 반응 경로는 G → D → B → E → F이다.

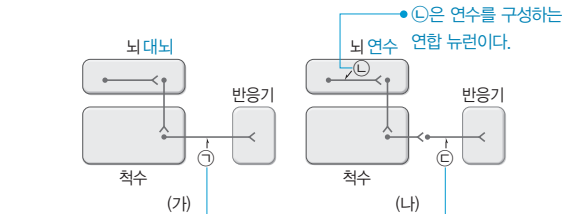
ㄴ. G → H → I는 척수가 중추인 무조건 반사의 경로이다. 이러한 반사의 예로는 회피 반사, 배뇨 반사, 배변 반사 등이 있다.

**[바로알기]** ㄴ. 기타 소리를 듣고 그에 따라 노래를 하는 반응의 경로는 감각기(귀)에서 받아들인 자극이 척수를 거치지 않고 감각 신경(A)을 통해 대뇌(B)로 전달되고, 대뇌의 명령이 운동 신경(C)을 통해 척수를 거치지 않고 반응기(성대)로 전달되어 일어난다. 따라서 이와 같은 반응의 흥분 전달 경로는 A → B → C이다.

## 8 위액 분비 조절과 의식적인 반응 경로

### [자료 분석]

- (가): 뇌의 반응 명령이 척수를 거쳐 운동 뉴런(㉠)을 통해 반응기로 전달된다. ➡ 발로 공을 차는 반응 경로이다.
- (나): 뇌의 반응 명령이 척수를 거쳐 교감 신경의 신경절 이후 뉴런(㉡)을 통해 반응기로 전달된다. ➡ 위액 분비가 억제될 때의 반응 경로이다.



㉠은 체성 신경을 구성하는 운동 뉴런이다. ➡ ㉠은 말아집 신경이므로 도약 전도가 일어난다.

㉡은 연수를 구성하는 연합 뉴런이다. ➡ ㉡은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이므로 ㉡이 흥분하면 위액 분비가 억제된다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠에서 흥분의 이동은 도약전도를 통해 일어난다.
- ㉡ ㉡은 연수를 구성하는 연합 뉴런이다.
- ㉢ ㉢이 흥분하면 위액의 분비가 **촉진**된다. **억제**

ㄱ. (가)는 뇌에서 내린 반응 명령이 운동 뉴런을 통해 반응기(발의 근육)로 전달되는 반응 경로이다. 골격근에 연결된 운동 뉴런(㉠)은 말아집 신경이므로 도약전도가 일어난다.

ㄴ. (나)에서는 척수로부터 반응기에 이르기까지 2개의 뉴런으로 연결되어 있고, 척수와 연결된 신경절 이전 뉴런이 반응기에 연결된 신경절 이후 뉴런(㉡)보다 짧다. 그러므로 (나)는 자율 신경에 의해 위액 분비가 조절되는 경로이며, 척수에서 반응기까지 연결된 신경은 교감 신경이다. 위액 분비의 조절 중추는 연수이므로 ㉡은 연수를 구성하는 연합 뉴런이다.

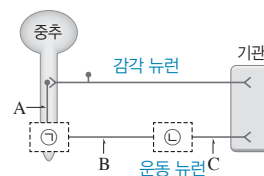
**[바로알기]** ㄴ. ㉡은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이므로, ㉡이 흥분하면 위액의 분비가 억제된다.

## 9 중추 신경계와 말초 신경계의 구조

### [자료 분석]

중추 신경과 말초 신경은 시냅스를 이룬다. ➡ ㉠에 시냅스가 존재한다.

A에 자극을 주면 흥분이 B와 C에 전달된다. ➡ ㉢는 3이다.



C에 자극을 주었을 때 활동 전위가 두 지점 B와 C에 발생하므로 B와 C는 하나의 뉴런에 존재한다. ➡ ㉠에는 시냅스가 없으며, 이 뉴런은 체성 신경계에 속한다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉢는 '3'이다.
- ㉡ ㉠과 ㉡에서 모두 신경 전달 물질이 분비된다. ㉠에서 B를 포함하는 뉴런은 **자율 신경계**에 속한다. **체성 신경계**

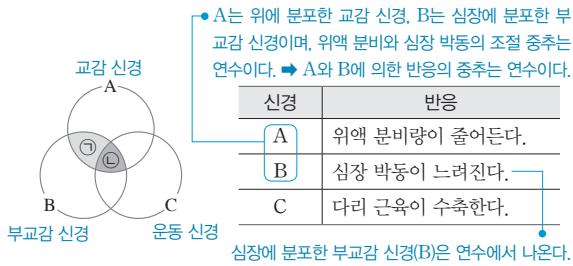
ㄱ. C에 자극을 주었을 때 두 지점, 즉 B와 C에 활동 전위가 발생하였으므로 B와 C는 한 뉴런에 있으며, ㉡에는 시냅스가 없다. 또한, C에 자극을 주었을 때 A에 활동 전위가 발생하지 않았으므로 ㉠에는 시냅스가 있다. 따라서 A에 자극을 주면 A, B, C에 활동 전위가 발생하므로 ㉢는 3이다.

**바로알기** ㄴ. ㉠에는 시냅스가 없으므로 신경 전달 물질이 분비되지 않는다.

ㄷ. B를 포함하는 뉴런은 중추 신경부터 반응기까지 하나로 연결되어 있으므로 자율 신경계가 아니라 체성 신경계에 속한 운동 뉴런이다.

## 10 말초 신경의 종류와 기능

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ A와 B에 의해 일어나는 반응의 중추는 다르다. 같다.
- ☒ '아세틸콜린이 분비되는 신경절이 있다.'는 ㉠에 해당한다.
- ☒ '척수에서 나온다.'는 ㉠에 해당한다. 해당하지 않는다.

ㄴ. A는 위액 분비를 억제하므로 교감 신경이고, B는 심장 박동을 억제하므로 부교감 신경이다. 교감 신경과 부교감 신경은 모두 자율 신경이며, 자율 신경은 신경절에서 2개의 뉴런이 시냅스를 이룬다. 교감 신경과 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

**바로알기** ㄱ. 위액 분비 조절 중추와 심장 박동 조절 중추는 연수이다.

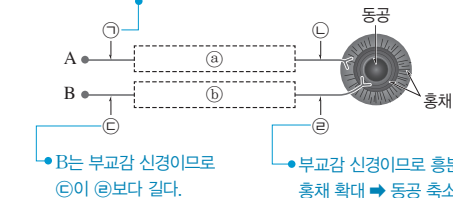
ㄷ. C는 다리 근육의 운동을 조절하므로 운동 신경이다. 교감 신경(A)과 다리 근육에 연결된 운동 신경(C)은 모두 척수에서 나오고, 심장과 연결된 부교감 신경(B)은 연수에서 나온다. 따라서 '척수에서 나온다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.

## 11 교감 신경과 부교감 신경의 구조와 기능

### [자료 분석]

㉠과 ㉡의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질이 다르다. → ㉠의 말단에서 노르에피네프린, ㉡의 말단에서 아세틸콜린이 분비되므로 A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.

A는 교감 신경이므로 ㉠이 ㉡보다 짧다.



### [선택지 분석]

- ☒ ㉠의 길이는 ㉡의 길이보다 길다. 짧다.
- ☒ ㉡은 구심성 뉴런이다. 원심성
- ☒ ㉡에서 활동 전위의 발생 빈도가 증가하면 동공이 축소된다.

㉡의 말단에서는 아세틸콜린이 분비되는데, ㉠과 ㉡의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질이 서로 다르다고 하였으므로 ㉠의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다. 따라서 A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.

ㄷ. 부교감 신경(B)이 흥분하면 ㉡(부교감 신경의 신경절 이후 뉴런)에서 활동 전위의 발생 빈도가 증가하여 홍채가 확대되고 그 결과 동공이 축소된다.

**바로알기** ㄱ. ㉠(교감 신경의 신경절 이전 뉴런)의 길이는 ㉡(교감 신경의 신경절 이후 뉴런)의 길이보다 짧다.

ㄴ. 자율 신경은 모두 중추의 명령을 반응기로 전달하는 원심성 뉴런으로 이루어져 있다. 따라서 ㉡(부교감 신경의 신경절 이전 뉴런)은 원심성 뉴런이다.

## 12 말초 신경의 종류와 기능

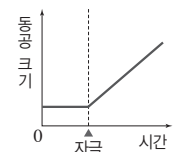
### [자료 분석]

교감 신경은 반응기로 아세틸콜린을 분비하지 않는다. → ㉠은 '반응기로 아세틸콜린을 분비한다.'이다.

특징	㉠	㉡	㉢
교감 신경	○	○	○
B	○	×	○
C	?	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

A를 자극하면 동공의 크기가 커진다. → A는 교감 신경이다.



A~C는 모두 말초 신경계에 속하며 원심성 신경이다.

### [선택지 분석]

- ☒ '반응기로 아세틸콜린을 분비한다.'는 ㉠이다.
- ☒ '원심성 신경이다.'는 ㉡에 해당한다.
- ☒ B는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다. A

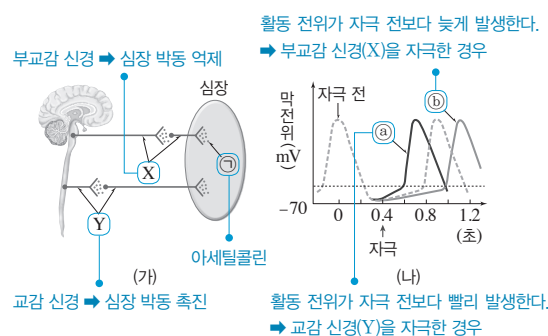
ㄱ. 그림에서 A를 자극하였을 때 동공의 크기가 커지므로, A는 교감 신경이고, B와 C는 각각 부교감 신경과 운동 신경 중 하나이다. 교감 신경은 반응기에 연결된 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 노르에피네프린을 분비하고, 부교감 신경은 반응기에 연결된 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린을 분비한다. 한편, 반응기에 연결된 운동 신경 말단에서는 아세틸콜린을 분비한다. 따라서 '반응기로 아세틸콜린을 분비한다.'는 ㉠이다.

ㄴ. 교감 신경, 부교감 신경, 운동 신경은 모두 말초 신경계에 속하며, 중추의 명령을 반응기로 전달하는 원심성 신경이다. 따라서 '원심성 신경이다.'는 ㉡에 해당한다.

**바로알기** ㄷ. 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧은 자율 신경은 교감 신경(A)이다.

## 13 교감 신경과 부교감 신경의 구조와 기능

### [자료 분석]





## |선택지 분석|

- ☐ Ⓐ X와 Y는 모두 말초 신경계에 속한다.  
☐ Ⓑ ①은 체성 신경의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질과 같다.  
☒ Ⓒ ②는 Y를 자극하였을 때의 변화이다.  
☐ Ⓓ

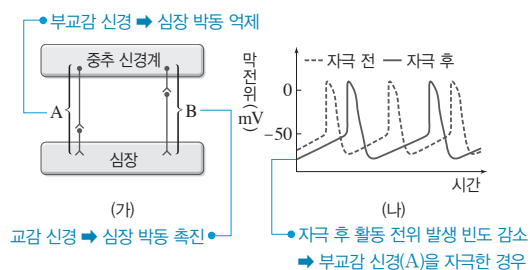
7. X는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길며, 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체가 연수에 있으므로, 부교감 신경이다. Y는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으며, 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체가 척수 가운데 부분에 있으므로 교감 신경이다. 부교감 신경(X)과 교감 신경(Y)은 자율 신경이며, 모두 말초 신경계에 속한다.

나. ㉠은 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 아세틸콜린이다. 체성 신경의 축삭 돌기 말단에서도 아세틸콜린이 분비된다. 따라서 부교감 신경의 신경절 이후 말단에서 분비되는 신경 전달 물질(㉠)과 체성 신경의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 같다.

다. (나)에서 ㉠은 활동 전위가 발생하는 시점이 자극 전보다 빨라졌으므로 심장 박동이 빨라진다. 교감 신경(Y)이 흥분하면 심장 박동이 촉진되어 빨라지고, 부교감 신경(X)이 흥분하면 심장 박동이 억제되어 느려진다. 따라서 ㉠은 교감 신경(Y)을 자극한 경우이고, ㉡는 부교감 신경(X)을 자극한 경우이다.

## 14 교감 신경과 부교감 신경의 구조와 기능

## 자료 분석



## |선택지 분석|

- ㉠ A는 말초 신경계에 속한다.
- ㉡ B의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다. 노르에피네프린
- ㉢ (나)는 B를 자극하였을 때의 변화를 나타낸 것이다. A

A는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길므로 부교감 신경이고, B는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으므로 교감 신경이다.

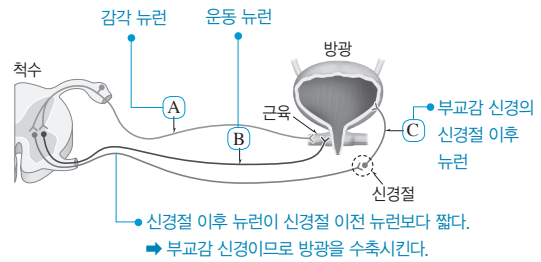
7. 부교감 신경(A)과 교감 신경(B)은 자율 신경이며, 말초 신경계에 속한다.

**바로알기** ㄴ. B는 교감 신경이며, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.

다. (나)에서 자극 전보다 자극 후 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 감소하였으므로 심장 박동이 느려진다. 부교감 신경(A)이 흥분하면 부교감 신경(A)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비되어 심장 박동이 억제된다. 따라서 (나)는 부교감 신경(A)을 자극하였을 때의 변화이다.

## 15 방광에 연결된 뉴런의 종류와 기능

## |자료 분석|



## |선택지 분석|

- ㉠ A의 흥분은 대뇌로 전달된다.
- ㉡ B는 척수의 전근을 이룬다.
- ㉢ C에 역치 이상의 자극을 주면 방광이 이완한다. **수축**

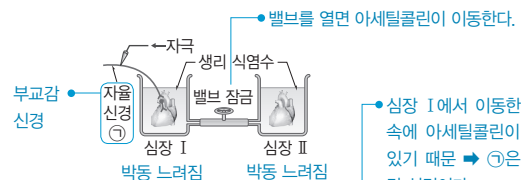
7. A는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽으로 치우쳐 있으므로 감각 뉴런이다. 방광에 연결된 감각 뉴런의 흥분은 척수로 전달되고, 척수를 거쳐 대뇌로도 전달된다.

나. B는 축삭 돌기가 길게 발달되어 있으며 하나의 뉴런이 근육에 분포하므로 운동 뉴런이다. 척수에서 나온 운동 뉴런은 전근을 이룬다.

**바로알기** ㉔. C와 연결된 신경절 이전 뉴런이 척수에서 나오며 C(신경절 이후 뉴런)보다 길다. 따라서 C는 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런이므로 C에 역치 이상의 자극을 주면 방광이 수축한다.




## 16 심장에 연결된 자율 신경의 특징

## 자료 분석



과정	(나)	(다)
심장 박동 속도 변화	㉠	느려짐

## |선택지 분석|

-  Ⓐ는 "빨라짐"이다. **느려짐**  
 ⓐ의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.  
 ⓐ의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 **혈압**을 상승시킨다. **하강**

나. (다)의 결과에서 심장 II의 박동 속도가 느려진 것은 심장 I에서 심장 II로 이동한 용액 속에 아세틸콜린이 들어 있기 때문이며, 이 아세틸콜린은 자율 신경 ㉠의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비된 것이다. 따라서 자율 신경 ㉠은 부교감 신경이다. 심장과 연결된 부교감 신경은 연수에서 나온다. 따라서 자율 신경 ㉠(부교감 신경)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.

**바로알기** ㄱ. 부교감 신경(㉠)은 심장 박동을 억제하므로 ㉡는 ‘느려짐’이다.

ㄷ. 부교감 신경(㉑)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 물질은 아세틸콜린이며, 아세틸콜린은 심장 박동 속도를 늦추고 혈압을 하강시킨다.

## 개념 확인 문제

본책 69쪽, 71쪽

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×      2 (1) 빠르다 (2) 오래 지속된다  
 (3) ① 좁고, ② 넓다      3 ③      4 생장 호르몬      5 (1) × (2) ○  
 (3) ×      6 간뇌의 시상 하부      7 (1) A: 인슐린, B: 글루카곤 (2) B  
 8 (1) ○ (2) × (3) ×      9 (1) ○ (2) ○ (3) ×      10 항이노 호르  
 몬(ADH), 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다.      11 (1) ① 증가,  
 ② 감소 (2) ① 낮아, ② 높아

1 (1) 호르몬과 신경은 공통적으로 체내에서 신호를 전달하는 역할을 한다.  
 (2) 호르몬은 내분비샘에서 생성되어 별도의 분비관 없이 혈액이나 조직으로 직접 분비된다.  
 (3) 호르몬은 혈액을 따라 온몸을 순환하다가 호르몬에 대한 수용체가 있는 표적 세포에만 작용한다.  
 (4) 혈중 호르몬 농도는 음성 피드백 등으로 적절하게 조절되지만 항상 일정한 것은 아니며, 호르몬 분비 이상으로 혈중 호르몬 농도가 너무 낮거나 높으면 결핍증이나 과다증이 나타날 수 있다.

2 (1) 신경은 뉴런을 통해 신호를 빠르게 전달하고, 호르몬은 혈액을 통해 신호를 비교적 천천히 전달한다.  
 (2) 호르몬은 혈액을 따라 온몸을 돌면서 표적 세포에 작용하므로 그 효과가 오래 지속된다. 신경은 뉴런의 말단에 접한 부위에 전기적 신호를 전달하여 그 효과가 나타났다가 빨리 사라진다.  
 (3) 신경은 뉴런의 말단이 접한 부위에만 작용하므로 작용 범위가 좁고, 호르몬은 모든 표적 세포에 작용하므로 작용 범위가 넓다.

3 이자에서 인슐린, 갑상샘에서 티록신, 부신 속질에서 에피네프린, 뇌하수체 후엽에서 항이노 호르몬이 분비된다. 뇌하수체 전엽에서는 생장 호르몬과 다른 내분비샘을 자극하는 호르몬이 분비된다.

4 성장기에 생장 호르몬이 과다하게 분비되면 거인증이 나타나고, 부족하면 소인증이 나타난다. 말단 비대증은 성장기 이후에 생장 호르몬이 과다 분비되어 나타난다.

5 (1) 티록신의 분비는 길항 작용이 아니라 음성 피드백에 의해 조절된다.  
 (2) TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)는 뇌하수체 전엽을 자극하여 TSH(갑상샘 자극 호르몬) 분비를 촉진한다.  
 (3) 혈중 티록신 농도가 높아지면 음성 피드백에 의해 뇌하수체 전엽에서 TSH 분비가 억제된다.

6 인체에서 혈당량, 혈장 삼투압, 체온 등의 변화를 감지하고 조절하는 항상성 유지의 최고 중추는 간뇌의 시상 하부이다.

7 (1) 혈당량이 높을 때는 이자의 β세포에서 인슐린(A)이 분비되고, 혈당량이 낮을 때는 이자의 α세포에서 글루카곤(B)이 분비된다.

(2) 글루카곤(B)은 간에서 글리코젠 분해를 촉진하여 혈당량을 증가시킨다.

8 (1), (3) 부신 속질에서 분비되는 에피네프린과 이자의 α세포에서 분비되는 글루카곤은 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 높인다.  
 (2) 인슐린은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정과 혈액 속 포도당이 체세포 내로 흡수되는 것을 촉진하여 혈당량을 낮춘다.

9 (1) 체온이 정상 범위보다 높아지면 열 발생량은 감소하며, 땀 분비가 촉진되고 피부 근처 혈관이 확장되어 열 발산량이 증가한다.  
 (2) 체온이 정상 범위보다 낮아지면 간과 근육 등에서 물질대사가 촉진되고, 몸 떨림과 같은 근육 운동이 촉진되어 열 발생량이 증가한다.  
 (3) 날씨가 추워져 체온이 낮아지면 피부 근처 혈관이 수축하여 열 발산량이 감소한다.

10 뇌하수체 후엽에서 분비되며 콩팥에 작용하는 호르몬 A는 항이노 호르몬(ADH)이다. 항이노 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다.

11 (1) 혈장 삼투압이 높아지면 뇌하수체 후엽에서 항이노 호르몬의 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수가 촉진되므로 오줌양이 감소한다.  
 (2) 항이노 호르몬의 분비량이 감소하면 콩팥에서 수분 재흡수량이 줄어든다. 그 결과 오줌양은 증가하고, 오줌의 삼투압은 낮아진다. 또한, 혈액량이 감소하고, 혈장 삼투압은 높아진다.

## 수능 자료 마스터

본책 72쪽~73쪽

자료 A 1 ②

자료 B 2 ⑤

자료 C 3 ⑤

1 혈당량 조절에 관여하는 호르몬으로는 이자에서 분비되는 인슐린과 글루카곤, 부신 속질에서 분비되는 에피네프린이 있다.  
 나. 부신 속질에서 분비되는 혈당량 조절 호르몬 B는 에피네프린이며, 에피네프린과 같은 혈당량 조절 기능을 하는 A는 글루카곤이다. 에피네프린과 글루카곤은 모두 간에서 글리코젠(㉠)을 포도당(㉡)으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 증가시킨다.

바로알기 가. 에피네프린은 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하므로 ㉠은 글리코젠, ㉡은 포도당이다.  
 다. C는 포도당(㉡)을 글리코젠(㉠)으로 전환하는 것을 촉진하므로 혈당량을 감소시키는 인슐린이다. 인슐린은 이자의 β세포에서 분비된다.

2 간뇌의 시상 하부에서는 혈당량이 높아지면 부교감 신경을 통해 이자의 β세포에서 인슐린을 분비하도록 하여 혈당량을 감소시키고, 혈당량이 낮아지면 교감 신경을 통해 이자의 α세포에서 글루카곤을 분비하도록 하여 혈당량을 증가시킨다.

ㄱ. ㉠은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길므로 부교감 신경이고, ㉡은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으므로 교감 신경이다. 부교감 신경과 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

ㄴ. 교감 신경(㉡)은 척수의 속질 즉, 회색질에서 나오므로 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수의 회색질에 있다.  
ㄷ. 이자에서 분비되어 혈당량을 증가시키는 호르몬 Y는 글루카곤이다. 글루카곤은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.

**3** ㄱ. X는 뇌하수체 후엽에서 분비되고 혈장 삼투압이 증가함에 따라 혈중 농도가 증가하므로 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 전체 혈액량이 증가하면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량은 줄어든다. (가)에서 ㉠은 정상 상태일 때보다 혈중 항이뇨 호르몬(ADH) 농도가 낮으므로 정상 상태일 때보다 전체 혈액량이 증가한 상태이다.  
ㄴ. ㉠에서 혈장 삼투압이  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 혈중 항이뇨 호르몬(ADH) 농도가 낮아 콩팥에서 수분 재흡수량이 적다. 따라서 ㉠일 때 단위 시간당 오줌 생성량은  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 많다.  
ㄷ. 항이뇨 호르몬(ADH)의 혈중 농도가 높아지면 오줌 생성량이 감소한다.  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 오줌 생성량이 적으므로 항이뇨 호르몬(ADH)의 혈중 농도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 높다.

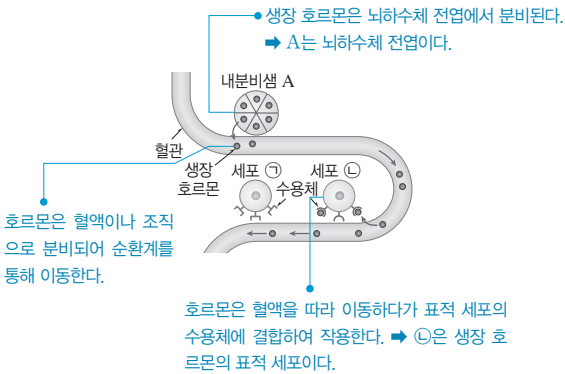
## 수능 2점 다지기

본책 74쪽~75쪽

1 ④    2 ②    3 ④    4 ②    5 ③    6 ②  
7 ③    8 ①

## 1 호르몬의 특징

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ A에서 티록신이 분비된다. 분비되지 않는다.
- ☒ ㉡은 성장 호르몬의 표적 세포이다.
- ☒ 성장 호르몬은 순환계를 통해 이동한다.

ㄴ. 성장 호르몬은 세포 ㉡의 수용체에 결합하므로, ㉡은 성장 호르몬의 표적 세포이다.

ㄷ. 호르몬은 내분비샘에서 혈액이나 조직으로 분비되어 혈액에 실려 혈관을 따라 이동하므로, 순환계를 통해 이동한다.

**바로알기** ㄱ. 내분비샘 A는 성장 호르몬을 분비하므로 뇌하수체 전엽이다. 티록신은 갑상샘에서 분비된다.

## 2 뇌하수체 호르몬의 종류와 기능

### |선택지 분석|

- ☒ 당질 코르티코이드는 B가 될 수 있다. C
- ☒ C가 티록신이라면, ㉠은 갑상샘이다.
- ☒ C의 분비량은 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬의 조절을 받는다.

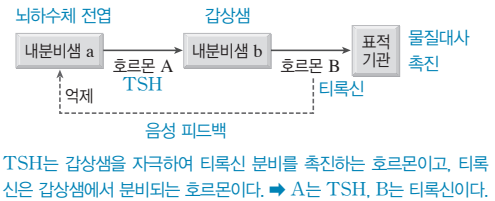
ㄴ. 티록신은 갑상샘에서 분비되는 호르몬이다. 따라서 C가 티록신이라면, ㉠은 갑상샘이다.

**바로알기** ㄱ. 당질 코르티코이드는 부신 겉질에서 분비되는 호르몬이며, 뇌하수체 전엽에서 분비되는 부신 겉질 자극 호르몬에 의해 분비가 조절된다. 따라서 당질 코르티코이드는 B가 아니라 C가 될 수 있다. 뇌하수체에서 분비되는 호르몬 B에는 전엽에서 분비되는 성장 호르몬, 후엽에서 분비되는 항이뇨 호르몬이 해당된다.

ㄷ. C의 분비량은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 내분비샘 자극 호르몬(A)의 조절을 받는다.

## 3 티록신 분비 조절

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ☒ A는 시상 하부에서 분비된다. 뇌하수체 전엽
- ☒ B의 분비량은 음성 피드백에 의해 조절된다.
- ☒ 혈중 B의 농도가 증가하면 표적 기관에서 물질대사가 촉진된다.

ㄴ. 티록신은 뇌하수체 전엽에서 TSH가 분비되는 것을 억제한다. 따라서 혈액 속 티록신 농도가 증가하면 티록신이 뇌하수체 전엽의 TSH 분비를 억제하는 음성 피드백 조절이 강화되어 TSH의 분비량이 감소한다. 그 결과 갑상샘에서 티록신의 분비량이 줄어든다.

ㄷ. 티록신(B)은 세포 호흡과 같은 물질대사를 촉진한다.

**바로알기** ㄱ. TSH(A)는 뇌하수체 전엽에서 분비된다.

## 4 혈당량 조절 호르몬

### |선택지 분석|

- ☒ 이자의  $\beta$ 세포에서 분비되는 호르몬의 작용은 (가)이다. (나)와 (다)
- ☒ (나)와 (다)는 모두 혈당량을 감소시키는 작용이다.
- ☒ (다)는 부신 속질에서 분비되는 에피네프린의 작용이다. (가)

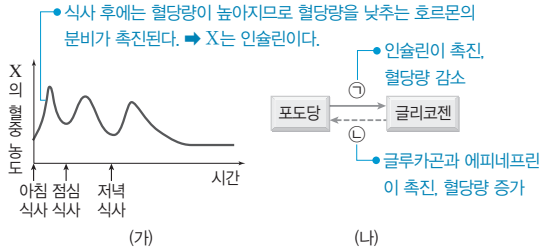
ㄴ. (나) 간세포에서 글리코젠 합성이 촉진되면 혈액 속 포도당의 양이 감소하고, (다) 근육 세포에서 포도당 흡수가 촉진되어도 혈액 속 포도당의 양이 감소한다. 따라서 (나)와 (다)는 모두 혈당량을 감소시키는 작용이다.

**바로알기** ㄱ. 이자의  $\beta$ 세포에서 분비되는 호르몬은 인슐린이며, 인슐린은 간세포에서 포도당이 글리코젠으로 합성되는 과정을 촉진한다.

ㄷ. 근육 세포에서 포도당 흡수를 촉진하는 것은 이자에서 분비되는 인슐린의 작용이다.

## 5 혈당량 조절

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ X는 간에서 ㉠ 과정을 촉진한다. ㉠
- ☒ X의 분비를 조절하는 중추는 연수이다. 연수가 아니다.
- ☒ X는 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.

ㄷ. 식사를 하면 혈당량이 증가하므로 혈당량을 감소시키는 인슐린의 분비량이 증가한다. (가)에서 식사 직후 X의 혈중 농도가 높아지는 것을 통해 X가 인슐린이라는 것을 알 수 있다. 인슐린은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.

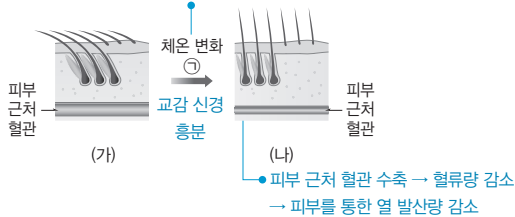
**바로알기** ㄱ. 인슐린(X)은 간에서 포도당을 글리코젠으로 전환하는 과정(㉠)을 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.

ㄴ. 연수는 인슐린(X)의 분비를 조절하는 중추가 아니다. 이자와 간뇌의 시상 하부에서 혈당량의 변화를 감지하여 인슐린(X)의 분비를 조절한다.

## 6 피부를 통한 체온 조절

### [자료 분석]

혈관이 수축하여 열 발산량을 감소시키는 조절이 일어난다.  $\Rightarrow$  ㉠은 체온이 낮아지는 변화이다.



### [선택지 분석]

- ☒ 열 발산량은 (가)일 때보다 (나)일 때가 많다. 적다.
- ☒ 따뜻한 곳에서 추운 곳으로 이동하면 ㉠이 일어난다.
- ☒ 피부 근처 혈관의 굵기 변화는 호르몬의 조절을 받아 일어난다.

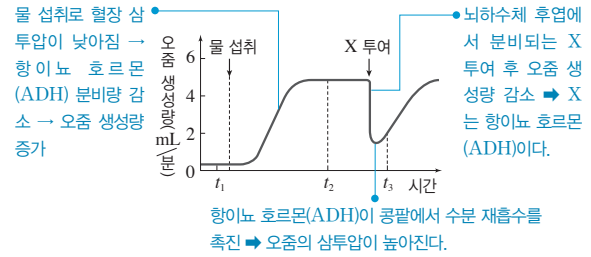
ㄴ. (가)일 때보다 (나)일 때 피부 근처 혈관이 수축된 상태이며, 피부 근처 혈관이 수축되면 혈류량이 감소하여 열 발산량이 감소한다. 따라서 체온 변화 ㉠은 따뜻한 곳에서 추운 곳으로 이동하여 체온이 낮아질 때 일어난다.

**바로알기** ㄱ. (가)일 때보다 (나)일 때가 피부 근처 혈관이 더 수축된 상태이므로 혈류량 감소로 피부를 통한 열 발산량이 적다.

ㄷ. 피부 근처 혈관의 굵기는 교감 신경에 의해 조절된다. 피부 근처 혈관의 교감 신경이 자극을 받으면 혈관이 수축하고, 피부 근처 혈관의 교감 신경이 자극을 받지 않으면 혈관이 이완한다.

## 7 삼투압 조절

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ X의 표적 기관은 간이다. 콩팥
- ☒ 혈장 삼투압은  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 높다. 낮다.
- ☒ 오줌의 삼투압은  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때가 높다.

X를 투여하면 오줌 생성량이 줄어들므로 X는 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

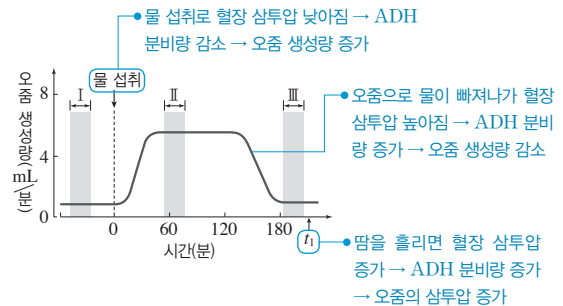
ㄷ.  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 항이뇨 호르몬(X)의 혈중 농도가 높기 때문에 콩팥에서의 수분 재흡수량이 많아 오줌 생성량이 적다. 따라서  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때가 오줌의 삼투압이 높다.

**바로알기** ㄱ. 항이뇨 호르몬(ADH)의 표적 기관은 콩팥이다.

ㄴ. 물을 섭취한 후에는 혈장 삼투압이 낮아져 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하기 때문에 오줌 생성량이 많아진다. 따라서 혈장 삼투압은  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 낮다.

## 8 삼투압 조절

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 혈중 항이뇨 호르몬 농도는 구간 I에서 구간 II에서보다 높다.
- ☒ 혈장 삼투압은 구간 II에서 구간 III에서보다 높다. 낮다.
- ☒  $t_1$ 일 때 땀을 많이 흘리면, 생성되는 오줌의 삼투압이 감소한다. 증가

물을 섭취하면 체내 수분량이 증가하여 혈장 삼투압이 낮아진다. 따라서 항이뇨 호르몬의 분비량이 감소하여 콩팥에서 물의 재흡수량이 감소하므로, 단위 시간당 오줌 생성량이 많아진다.

ㄱ. 구간 I에서 구간 II에서보다 단위 시간당 오줌 생성량이 적으므로 혈중 항이뇨 호르몬의 농도가 높다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄴ. 물 섭취 후에는 혈장 삼투압이 낮아져 오줌 생성량이 많아지고, 그 결과 시간이 지나면서 혈장 삼투압이 높아져 오줌 생성량이 줄어든다. 따라서 혈장 삼투압은 구간 II에서 구간 III에서보다 낮다.

ㄷ.  $t_1$ 일 때 땀을 많이 흘리면 혈장 삼투압이 높아진다. 따라서 항이뇨 호르몬의 분비가 촉진되어 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가한다. 그 결과 오줌의 삼투압은 증가한다.



- 1 ⑤    2 ⑤    3 ③    4 ①    5 ②    6 ③  
7 ②    8 ⑤    9 ③    10 ①    11 ①    12 ①  
13 ①    14 ③    15 ①    16 ①

## 1 호르몬의 종류와 기능

### [자료 분석]

혈당량을 증가시킨다.    부신에서 분비된다.    순환계를 통해 표적 기관으로 운반된다.

호르몬	①	㉠	㉡
인슐린 A	? ×	×	○
글루카곤 B	○	? ×	○
에피네프린 C	○	○	? ○

(○: 있음, ×: 없음)

- 에피네프린만 부신에서 분비된다. → ㉡은 '부신에서 분비된다.'이고, C는 에피네프린이다.
- 글루카곤은 혈당량을 증가시키고, 인슐린은 혈당량을 감소시킨다. → ①은 '혈당량을 증가시킨다.'이고, B는 글루카곤, A는 인슐린이다.

### [선택지 분석]

- ㄱ. ①은 '혈당량을 증가시킨다.'이다.  
ㄴ. B는 간에서 글리코젠 분해를 촉진한다.  
ㄷ. C는 에피네프린이다.

부신에서 분비되는 호르몬은 에피네프린이고, 혈당량을 증가시키는 호르몬은 글루카곤과 에피네프린이다. 호르몬은 모두 순환계를 통해 표적 기관으로 운반된다. 따라서 에피네프린은 ①~㉡ 중 세 가지, 글루카곤은 두 가지, 인슐린은 한 가지 특징을 갖는다. 따라서 A는 인슐린이고, ㉡은 '순환계를 통해 표적 기관으로 운반된다.'이다. 그리고 세 가지 특징을 가진 C가 에피네프린, B는 글루카곤이다.

- ㄱ. 에피네프린과 글루카곤은 혈당량을 증가시키므로, ①은 '혈당량을 증가시킨다.'이고, ㉠은 '부신에서 분비된다.'이다.  
ㄴ. 글루카곤(B)은 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 반응을 촉진하고, 그 결과 혈당량이 증가한다.  
ㄷ. 에피네프린은 특징 ①~㉡을 모두 가지므로 C이다.

## 2 호르몬의 종류와 기능

### [자료 분석]

교감 신경에 의해서 분비가 촉진된다.    내분비샘에서 혈액으로 분비된다.    저온 자극 시 분비량이 증가한다.

호르몬	①	㉠	㉡
항이노 호르몬 A	×	○	×
티록신 B	×	○	? ○
에피네프린 C	○	? ○	○

(○: 있음, ×: 없음)

- 에피네프린만 교감 신경에 의해서 분비가 촉진된다. → ①은 '교감 신경에 의해서 분비가 촉진된다.'이고, C는 에피네프린이다.
- 저온 자극 시 티록신과 에피네프린 분비가 촉진된다. → ㉡은 '저온 자극 시 분비량이 증가한다.'이고, B는 티록신, A는 항이노 호르몬이다.

### [선택지 분석]

- ㄱ. '저온 자극 시 분비량이 증가한다.'는 ㉡이다. ㉡  
ㄴ. A의 표적 기관은 배설계에 속한다.  
ㄷ. C는 혈당량 조절에 관여한다.

에피네프린은 교감 신경에 의해서 분비가 촉진되며, 저온 자극 시 분비량이 증가한다. 티록신은 저온 자극 시 분비량이 증가한다. 에피네프린, 항이노 호르몬, 티록신은 모두 내분비샘에서 혈액으로 분비된다. 특징 ①~㉡ 중 ①만 있는 A는 항이노 호르몬이며, ㉡은 '내분비샘에서 혈액으로 분비된다.'이다. 따라서 특징 ①~㉡을 모두 가진 C는 에피네프린이고, ㉠과 ㉡ 두 가지 특징을 가진 B는 티록신이다.

ㄴ. A(항이노 호르몬)의 표적 기관은 콩팥이며, 콩팥은 배설계에 속한다.

ㄷ. C(에피네프린)는 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 높인다.

바로알기 ㄱ. ①은 C(에피네프린)에만 있는 특징이므로 '교감 신경에 의해서 분비가 촉진된다.'이다. ㉡은 '저온 자극 시 분비량이 증가한다.'이다.

## 3 호르몬 분비 조절

### [자료 분석]

시상 하부    촉진 억제    음성 피드백 조절

호르몬	①	㉠	㉡
환자	B	C	A
a 이상 (가)	-	-	-
b 이상 (나)	-	-	+
c 이상 (다)	+	-	+

(+: 정상인보다 높음, -: 정상인보다 낮음)

내분비샘 a(시상 하부) → 호르몬 A  
내분비샘 b(뇌하수체 전엽) → 호르몬 B  
내분비샘 c(갑상샘) → 호르몬 C

- a(시상 하부) 이상인 경우 A, B, C 모두 적게 분비 → (가)는 a에 이상이 있는 환자이다.
- b(뇌하수체 전엽) 이상인 경우 B, C는 적게 분비, A는 많이 분비 → ㉡은 A, (나)는 b에 이상이 있는 환자, (다)는 c에 이상이 있는 환자이다.
- c(갑상샘) 이상인 경우 C는 적게 분비, A와 B는 많이 분비 → ①은 B, ㉠은 C이다.

### [선택지 분석]

- ㄱ. ①은 호르몬 B이다.  
ㄴ. 호르몬 C의 분비량은 음성 피드백으로 조절된다.  
ㄷ. (나)는 간뇌의 시상 하부에 이상이 있다. 뇌하수체 전엽

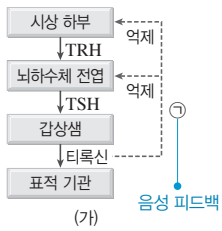
ㄱ. (가)는 호르몬 A~C의 혈중 농도가 모두 정상인보다 낮으므로 내분비샘 a(시상 하부)에 이상이 있는 환자이다. (나)는 내분비샘 b(뇌하수체 전엽)에 이상이 있어 호르몬 B의 혈중 농도가 정상인보다 낮으므로 호르몬 C의 혈중 농도도 낮은 환자이다. 혈중 호르몬 C의 농도가 낮으면 음성 피드백에 의한 억제가 약해져 내분비샘 a(시상 하부)에서 호르몬 A의 분비량이 증가하므로 호르몬 A의 혈중 농도는 높아진다. 따라서 ㉡은 호르몬 A이다. (다)는 내분비샘 c(갑상샘)에 이상이 있어 호르몬 C의 혈중 농도가 정상인보다 낮은 환자이다. 따라서 ㉠은 호르몬 C, ①은 호르몬 B이다.

ㄴ. 호르몬 C는 내분비샘 a(시상 하부)와 내분비샘 b(뇌하수체 전엽)의 호르몬 분비를 억제하여 호르몬 C의 혈중 농도를 적절하게 조절한다. 따라서 호르몬 C의 분비량은 음성 피드백에 의해 조절된다.

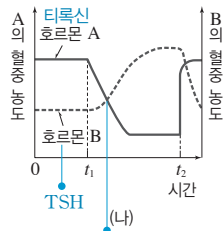
바로알기 ㄷ. 간뇌의 시상 하부에서는 TRH를 분비하여 뇌하수체 전엽에서 TSH 분비를 촉진하고, TSH는 갑상샘에서 티록신 분비를 촉진한다. 따라서 내분비샘 a는 간뇌의 시상 하부, b는 뇌하수체 전엽, c는 갑상샘이며, (나)는 뇌하수체 전엽(b)에 이상이 있는 환자이다.

#### 4 티록신 분비 조절

##### [자료 분석]



티록신의 혈중 농도가 높아지면 음성 피드백에 의해 TRH와 TSH의 분비량이 감소한다.



$t_1 \sim t_2$  시기에 티록신(A)의 혈중 농도가 낮아지므로 ㉠을 통한 억제 자극은 감소한다.

##### [선택지 분석]

- ㉠ A의 혈중 농도가 높아지면 TRH의 분비량은 감소한다.
- ✗ B의 표적 기관은 뇌하수체 전엽이다. **갑상샘**
- ✗  $t_1 \sim t_2$  시기에 시간이 지날수록 ㉠을 통한 억제 자극은 **증가**한다.

갑상샘의 기능이 저하되면 티록신의 분비량이 감소하므로 티록신에 의한 음성 피드백 작용이 약해져 TRH와 TSH의 분비량이 증가한다. 따라서 (나)에서 A는 티록신이고, B는 TSH이다.

ㄱ. A(티록신)의 혈중 농도가 높아지면 음성 피드백에 의한 억제가 강해져 간뇌의 시상 하부에서 TRH의 분비량이 감소한다.

**바로알기** ㄴ. B(TSH)의 표적 기관은 갑상샘이다.

ㄷ. A(티록신)의 혈중 농도가 높으면 ㉠(음성 피드백)을 통한 억제가 강해져 TRH와 TSH의 분비량이 감소한다.  $t_1 \sim t_2$  시기에 시간이 지날수록 A(티록신)의 혈중 농도가 낮아지므로 ㉠을 통한 억제 자극은 감소한다.

#### 5 이자 호르몬과 혈당량 조절

##### [선택지 분석]

- ✗ X는 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.  **$\alpha$ 세포**
- ㉠ 혈중 Y의 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.
- ✗ 구간 I에서는 시간이 지날수록 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 작용이 **촉진**된다. **촉진되지 않는다.**

호르몬 X는 글루카곤이고, 호르몬 Y는 인슐린이다.

ㄴ. 혈당량이 높아지면 인슐린의 분비가 촉진되므로 혈중 인슐린의 농도가 높아진다.  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 혈당량이 높으므로 혈중 인슐린(Y)의 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.

**바로알기** ㄱ. 글루카곤(X)은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.

ㄷ. 구간 I에서 시간이 지날수록 혈당량이 감소하므로 간에서 포도당이 글리코젠으로 전환되는 작용이 일어난다.

#### 6 식사 후 인슐린의 혈중 농도 변화

##### [선택지 분석]

- ㉠ 혈중 글루카곤 농도는  $t_2$ 일 때보다  $t_1$ 일 때 높다.
- ㉡ 혈당량은  $t_3$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 높다.
- ✗ X는 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.  **$\beta$ 세포**

공복 시 포도당을 투여하면 혈당량이 높아지므로 혈당량을 낮추는 인슐린의 분비가 촉진된다. 따라서 포도당 투여 후 농도가 높아지는 호르몬 X는 인슐린이다.

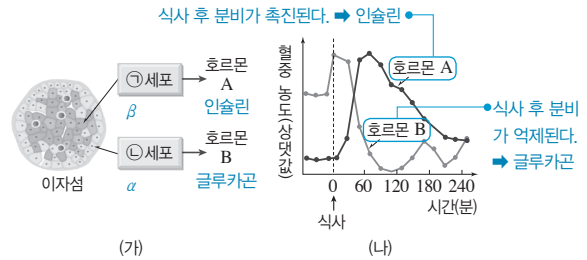
ㄱ. 글루카곤의 혈중 농도는 혈당량이 낮을 때 높다.  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 혈당량을 낮추는 인슐린(X)의 농도가 높은 것으로 보아  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 혈당량이 높다. 따라서 글루카곤의 혈중 농도는 이와 반대로  $t_2$ 일 때보다  $t_1$ 일 때 높다.

ㄴ.  $t_3$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 인슐린(X)의 혈중 농도가 높은 것으로 보아 혈당량은  $t_3$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 높다.

**바로알기** ㄷ. 인슐린(X)은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.

#### 7 식사 후 이자 호르몬의 혈중 농도 변화

##### [자료 분석]



인슐린은 혈당량을 낮추고, 글루카곤은 혈당량을 높인다. → 식사 후에는 혈당량이 증가하므로 인슐린의 분비가 촉진되고, 글루카곤의 분비가 억제된다.

##### [선택지 분석]

- ✗ ㉠은 ' $\alpha$ '이다.  **$\beta$**
- ✗ A는 간에서 에피네프린과 같은 혈당량 조절 작용을 한다. **B**
- ㉡ B의 혈중 농도가 증가하면 간에서 혈액으로 방출되는 포도당의 양이 증가한다.

탄수화물 위주의 식사를 하면 혈당량이 증가하므로 인슐린의 혈중 농도는 증가하고 글루카곤의 혈중 농도는 감소한다. 따라서 호르몬 A는 인슐린, B는 글루카곤이다.

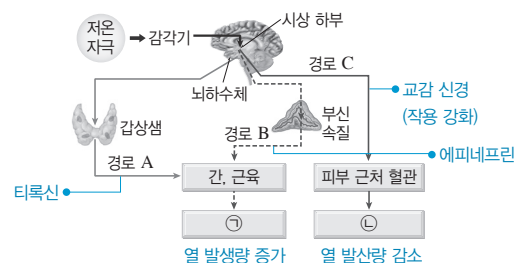
ㄷ. 글루카곤(B)은 간에서 글리코젠이 포도당으로 분해되는 과정을 촉진한다. 따라서 글루카곤(B)의 혈중 농도가 증가하면 간에서 혈액으로 방출되는 포도당의 양이 증가한다.

**바로알기** ㄱ. 인슐린(A)은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.

ㄴ. 인슐린(A)은 간에서 글리코젠 합성을 촉진하고, 에피네프린은 글리코젠 분해를 촉진한다.

#### 8 추울 때 체온 조절 경로

##### [자료 분석]



• 추울 때는 갑상샘에서 티록신을, 부신 속질에서 에피네프린을 분비하여 간, 근육 등에서 물질대사를 촉진한다. → 열 발생량 증가  
• 추울 때는 교감 신경 작용이 강화되어 피부 근처 혈관을 수축시킨다. → 열 발산량 감소

##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 '열 발생량 증가'이다.
- ㉡ 신호 전달 속도는 A에서보다 C에서가 빠르다.
- ㉢ 간세포에는 에피네프린에 대한 수용체가 있다.

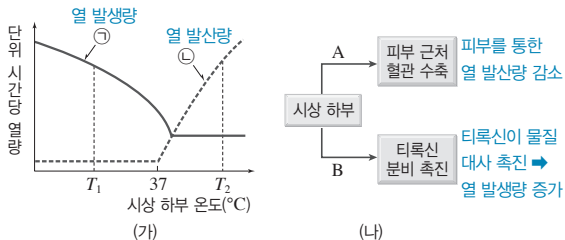
ㄱ. 추울 때는 갑상샘에서 티록신이(A), 부신 속질에서 에피네프린이 분비(B)되어 간과 근육 세포 등에서의 물질대사를 촉진하여 체온을 높인다. 한편, 피부 근처 혈관에 분포한 교감 신경의 작용이 강화(C)되어 피부 근처 혈관을 수축시키고, 그 결과 피부의 혈류량이 감소하여 몸 표면을 통한 열 발산량이 감소한다. 따라서 ㉠은 '열 발생량 증가', ㉡은 '열 발산량 감소'이다.

ㄴ. A에서는 호르몬(티록신), C에서는 신경(교감 신경)에 의해 신호가 전달되므로 신호 전달 속도는 A에서보다 C에서가 빠르다.

ㄷ. 간세포에는 에피네프린에 대한 수용체가 있어 에피네프린은 간세포에 작용하여 글리코겐 분해를 촉진한다.

## 9 체온 조절

### [자료 분석]



T<sub>1</sub>일 때는 T<sub>2</sub>일 때보다 열 발산량이 적다. → A 과정은 T<sub>2</sub>일 때보다 T<sub>1</sub>일 때 활발하게 일어난다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 골격근의 떨림 현상과 관련이 있다.
- ㉡ A 과정은 T<sub>2</sub>일 때보다 T<sub>1</sub>일 때가 활발하다.
- ✕ B 과정의 결과 열 발산량이 증가한다. 열 발생량

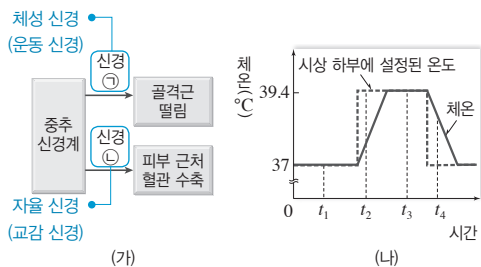
ㄱ. 시상 하부 온도가 37°C보다 낮아지면 열 발생량이 증가하여 체온을 높이고, 시상 하부 온도가 37°C보다 높아지면 열 발산량이 증가하여 체온을 낮춘다. 따라서 ㉠은 열 발생량, ㉡은 열 발산량이다. 골격근의 떨림 현상은 열 발생량을 증가시키는 작용이므로 ㉠과 관련이 있다.

ㄴ. (나)는 체온이 정상 수준보다 낮을 때 일어나는 조절 과정이다. A 과정으로 피부 근처 혈관이 수축하면 피부 표면의 혈류량이 감소하여 열 발산량이 감소한다. 따라서 A 과정은 T<sub>2</sub>일 때보다 T<sub>1</sub>일 때가 활발하다.

바로알기 ㄷ. B 과정으로 물질대사를 촉진하는 티록신의 분비량이 증가하므로, B 과정의 결과 열 발생량이 증가한다.

## 10 체온 조절

### [자료 분석]



- 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 높아지면(t<sub>1</sub> → t<sub>2</sub>) 골격근의 떨림이 촉진된다. → 골격근의 떨림은 t<sub>1</sub>일 때보다 t<sub>2</sub>일 때가 활발하다.
- 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 낮아지면(t<sub>3</sub> → t<sub>4</sub>) 피부 근처 혈관을 확장시켜 열 발산량을 늘린다. → 단위 시간당 피부 근처 혈관의 혈류량은 t<sub>4</sub>일 때보다 t<sub>3</sub>일 때보다 많다.

### [선택지 분석]

- ✕ ㉠과 ㉡은 모두 자율 신경계에 속한다. ㉡은
- ㉠ 골격근의 떨림은 t<sub>1</sub>일 때보다 t<sub>2</sub>일 때가 활발하다.
- ✕ 피부 근처 혈관의 단위 시간당 혈류량은 t<sub>4</sub>일 때보다 t<sub>3</sub>일 때가 많다. 적다.

체온을 조절하는 중추는 간뇌의 시상 하부이며, 시상 하부에 설정된 온도에 따라 열 발생량과 열 발산량을 조절하여 체온을 조절한다.

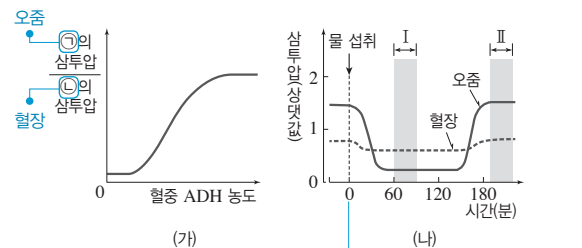
ㄴ. 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 높아지면 골격근의 떨림과 같은 작용을 촉진하여 열 발생량을 증가시켜서 체온을 높인다. 따라서 t<sub>1</sub>일 때보다 t<sub>2</sub>일 때가 골격근의 떨림이 활발하다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 골격근과 연결되어 있으므로 체성 신경(운동 신경)이고, ㉡은 피부 근처 혈관과 연결되어 있으므로 자율 신경(교감 신경)이다.

ㄷ. 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 낮아지면 몸 표면을 통한 열 발산량을 증가시켜 체온을 낮춘다. 피부 근처 혈관이 확장되면 혈류량이 증가하여 몸 표면을 통한 열 발산량이 증가한다. 따라서 피부 근처 혈관의 단위 시간당 혈류량은 t<sub>4</sub>일 때보다 t<sub>3</sub>일 때보다 많다.

## 11 ADH에 의한 삼투압 조절

### [자료 분석]



ADH는 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하므로 오줌의 삼투압을 높이고 혈장 삼투압을 낮춘다. → ㉠은 오줌, ㉡은 혈장이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 시상 하부는 ADH의 분비를 조절한다.
- ✕ ㉡은 오줌이다. 혈장
- ✕ 혈중 ADH 농도는 구간 I에서가 구간 II에서보다 크다. 작다.

혈중 ADH 농도가 높아지면 콩팥에서 수분 재흡수가 촉진되어 오줌 생성량이 감소하고 오줌의 삼투압은 높아지며, 혈장 삼투압은 낮아진다. 따라서 ㉠은 오줌, ㉡은 혈장이다.

ㄱ. 간뇌의 시상 하부는 혈장 삼투압 변화에 대한 정보를 받아들이 뇌하수체 후엽의 ADH 분비량을 조절한다.

바로알기 ㄴ. ㉡은 혈장이다.

ㄷ. 정상인이 1 L의 물을 섭취하여 혈장 삼투압이 낮아지면 혈중 ADH 농도가 낮아져 오줌 생성량이 증가한다. 그 결과 시간이 지나 혈장 삼투압이 물 섭취 전으로 회복되면 ADH 농도가 높아지고 오줌 생성량이 감소한다. 따라서 오줌 생성량은 구간 I에서보다 구간 II에서가 적고, 혈중 ADH 농도는 구간 I에서보다 구간 II에서가 높다. 그러므로 혈중 ADH 농도 오줌 생성량은 구간 I에서가 구간 II에서보다 작다.

## 12 ADH의 기능

### |선택지 분석|

㉠ ㉠은 전체 혈액량이다.

㉡ (가)에서 오줌의 삼투압은  $t_1$ 일 때가 안정 상태일 때보다 낮  
다. 높다.

㉢ (나)에서 콩팥의 단위 시간당 수분 재흡수량은  $t_2$ 일 때가 안정  
상태일 때보다 적다. 많다.

㉠. 전체 혈액량이 증가하면 ADH의 분비량이 감소하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 감소하고, 혈장 삼투압이 높아지면 ADH의 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다. (가)에서는 ㉠이 증가함에 따라 혈중 ADH 농도가 낮아지므로 ㉠은 전체 혈액량이다.

㉡. (가)에서  $t_1$ 일 때는 안정 상태일 때보다 혈중 ADH 농도가 높으므로 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다. 따라서  $t_1$ 일 때는 안정 상태일 때보다 오줌의 생성량이 적고, 오줌의 삼투압이 높다.

㉢. ㉠은 혈장 삼투압이다. (나)에서  $t_2$ 일 때는 안정 상태일 때보다 혈중 ADH 농도가 높으므로 콩팥의 단위 시간당 수분 재흡수량이 많다.

## 13 ADH의 기능과 삼투압 조절

### |선택지 분석|

㉠ ADH는 뇌하수체 후엽에서 분비된다.

㉡ (가)에서 오줌의 삼투압은  $t_2$ 일 때보다  $t_1$ 일 때가 높다. 낮다.

㉢ (나)에서 혈장 삼투압은 구간 II에서보다 구간 I에서가 높다. 낮다.

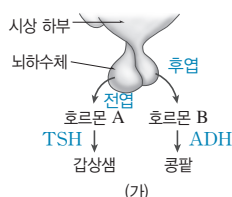
㉠. ADH는 뇌하수체 후엽에서 분비되어 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하는 호르몬이다.

㉡. 혈중 ADH 농도가 높을수록 콩팥에서 물의 재흡수가 촉진되어 오줌의 삼투압도 높다. 따라서 오줌의 삼투압은 혈중 ADH 농도가 높은  $t_2$ 일 때가 혈중 ADH 농도가 낮은  $t_1$ 일 때보다 높다.

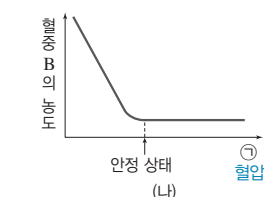
㉢. 물을 섭취하여 혈장 삼투압이 낮아지면 ADH 분비량이 감소하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 줄어들므로 오줌 생성량이 증가한다. 그 결과 혈장 삼투압이 높아지면 ADH 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 오줌 생성량이 감소한다. 따라서 혈장 삼투압은 오줌 생성량이 많은 구간 I에서보다 오줌 생성량이 적은 구간 II에서가 높다.

## 14 TSH와 ADH의 기능

### |자료 분석|



A의 표적 기관은 갑상샘, B의 표적 기관은 콩팥이다. ➡ A는 TSH(갑상샘 자극 호르몬), B는 ADH(항이뇨 호르몬)이다.



혈장 삼투압이 높으면 혈중 ADH의 농도가 높고, 혈압이 높으면 혈중 ADH의 농도가 낮다. ➡ ㉠은 혈압이다.

### |선택지 분석|

㉠ 갑상샘이 제거되면 혈중 A의 농도는 갑상샘 제거 전보다 증가한다.

㉡ B의 분비량이 증가하면 오줌의 삼투압은 높아진다.

㉢ 건강한 사람이 ㉠이 안정 상태일 때 땀을 많이 흘리면 ㉠이 증가한다. 감소

㉠. 호르몬 A의 표적 기관은 갑상샘이므로 A는 TSH(갑상샘 자극 호르몬)이다. 갑상샘이 제거되면 혈중 티록신의 농도가 낮아지므로 티록신에 의한 음성 피드백 억제가 약해진다. 그 결과 뇌하수체 전엽에서 TSH의 분비량이 증가하므로 혈중 TSH(A)의 농도가 증가한다.

㉡. 호르몬 B의 표적 기관은 콩팥이므로, B는 ADH(항이뇨 호르몬)이다. ADH(B)는 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하므로, ADH(B)의 분비량이 증가하면 생성되는 오줌의 양은 감소하고 오줌의 삼투압은 높아진다.

㉢. ㉠이 안정 상태보다 높으면 혈중 ADH의 농도가 낮으므로, ㉠은 혈압이다. 건강한 사람이 혈압(㉠)이 안정 상태일 때 땀을 많이 흘리면 전체 혈액량이 줄어들므로 혈압(㉠)이 감소한다.

## 15 ADH에 의한 삼투압 조절

### |선택지 분석|

㉠ X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

㉡ 체내 수분량은  $t_1$ 에서  $t_3$ 에서와 같다.  $t_3$ 에서보다 많다.

㉢ 콩팥에서 단위 시간당 수분 재흡수량은  $t_2$ 에서가 물 섭취 시점에서보다 많다. 적다.

㉠. X는 뇌하수체 후엽에서 분비되며, 혈장 삼투압이 높을수록 혈중 농도가 높아지므로 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

㉡.  $t_1$ 은 이전에 물을 섭취하여 체내 수분량이 많아진 상태이다.  $t_3$  이전에 오줌의 삼투압이 높아지므로  $t_3$  이전에 오줌을 통한 수분의 배출이 있었음을 알 수 있다. 따라서 체내 수분량은  $t_1$ 에서  $t_3$ 에서보다 많다.

㉢.  $t_2$ 에서는 혈장 삼투압과 오줌의 삼투압이 모두 물 섭취 시점보다 낮으므로 콩팥에서 단위 시간당 수분 재흡수량이 물 섭취 시점보다 적다.

## 16 ADH에 의한 삼투압 조절

### |선택지 분석|

㉠ 시상 하부는 X의 분비를 조절한다.

㉡  $t_1$ 일 때 땀을 많이 흘리면 혈중 X 농도는 감소한다. 증가

㉢ 생성되는 오줌의 양은 구간 I에서보다 구간 II에서 많다. 적다.

㉠. X는 뇌하수체 후엽에서 분비되며, 혈장 삼투압이 높을수록 혈중 농도가 높아지므로 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 간뇌의 시상 하부는 혈장 삼투압 변화에 따라 뇌하수체 후엽의 항이뇨 호르몬(ADH) 분비를 조절한다.

㉡.  $t_1$ 일 때 땀을 많이 흘리면 혈장 삼투압이 높아지므로 혈중 X(항이뇨 호르몬)의 농도가 증가한다.

㉢. 구간 I에서보다 구간 II에서 오줌의 삼투압이 높으므로 콩팥에서 수분 재흡수가 더 많이 일어나 생성되는 오줌의 양이 적다.



## 07 인체의 방어작용

### 개념 확인 문제

본책 81쪽, 83쪽

- 1 (1) × (2) × (3) ○ 2 (1) 세균 (2) 독감 (3) ㉠ 항생제, ㉡ 항 바이러스제 (4) 말라리아 3 ㉠ 비특이적, ㉡ 특이적 4 (1) 라이소자임 (2) 물리적 (3) 염증 반응 (4) ㉠ 백혈구, ㉡ 식균 작용  
5 항원 항체 반응의 특성 6 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 7 ㉠ 백신, ㉡ 기억, ㉢ 2 8 (1) ㉠ 적혈구, ㉡ 응집소 β (2) O형 (3) AB형

- 1 (1) 감염성 질병은 병원체가 원인이 되어 발생하는 질병으로, 다른 사람에게 전염될 수 있다.  
(2) 결핵과 콜레라는 세균에 감염되어 발생하는 감염성 질병이고 고혈압, 당뇨병은 병원체 없이 발생하는 비감염성 질병이다.  
(3) 감염성 질병은 물과 음식물 섭취, 호흡, 피부 접촉 등의 경로를 통해 병원체에 감염될 경우 발생할 수 있다.

- 2 (1) 세균과 바이러스 중 세포 구조를 갖추고 있는 것은 세균이다. 세균은 핵막이 없는 단세포 생물로 스스로 물질대사를 한다.  
(2) 독감을 일으키는 병원체는 바이러스(인플루엔자 바이러스)이므로 세포 구조를 갖추고 있지 않다. 말라리아를 일으키는 병원체(말라리아 원충)는 원생생물이므로 세포 구조를 갖추고 있다.  
(3) 세균에 의한 질병은 항생제를, 바이러스에 의한 질병은 항바이러스제를 사용하여 치료한다.  
(4) 말라리아를 일으키는 병원체(말라리아 원충)는 매개 곤충인 모기를 통하여 인체 내로 들어와 질병을 일으키며, 무좀을 일으키는 병원체(곰팡이)는 주로 피부 접촉을 통하여 인체에 감염되어 질병을 일으킨다.

- 3 인체의 방어 작용은 병원체의 종류를 구분하지 않고 동일한 방식으로 일어나는 비특이적 방어 작용과 병원체의 종류에 따라 선별적으로 일어나는 특이적 방어 작용으로 구분한다. 비특이적 방어 작용은 병원체에 감염된 즉시 일어나므로 특이적 방어 작용보다 먼저 일어난다.

- 4 (1) 라이소자임은 땀, 침, 눈물, 점액 등에 포함되어 있는 효소로, 세균의 세포벽을 분해하여 세균의 감염을 막는다.  
(2) 피부는 외부의 유해 물질과 병원체가 체내로 침입하는 것을 막는 물리적 장벽 역할을 한다.  
(3) 피부나 점막의 손상으로 병원체가 체내로 침입하면 염증 반응이 일어나 병원체를 제거하는데, 이때 발열, 부어오름, 붉어짐, 통증 등의 증상이 나타난다.  
(4) 식균 작용으로 병원체를 세포 안으로 끌어들이어 분해하는 혈구는 백혈구이다.

- 5 항체가 항원 결합 부위에 맞는 입체 구조를 가진 특정 항원하고만 결합하는 것을 항원 항체 반응의 특이성이라고 한다.

- 6 (1) 활성화된 세포독성 T림프구가 병원체에 감염된 세포를 직접 제거하는 방어 작용은 세포성 면역이다.

- (2) 특이적 방어 작용에 관여하는 T 림프구와 B 림프구는 모두 골수에서 생성되지만, T 림프구는 가슴샘에서 성숙하며, B 림프구는 골수에서 성숙한다.

- (3) 형질 세포는 항체를 생성·분비하며, 기억 세포는 항원의 특성을 기억하여 동일한 항원이 재침입하였을 때 빠르게 증식하여 형질 세포로 분화한다.

- (4) 동일한 항원이 재침입하면 2차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화한다.

- 7 질병을 일으키지 않도록 병원성을 제거하거나 약화시킨 병원체를 백신이라고 한다. 백신은 1차 면역 반응을 일으켜 기억 세포가 형성되게 하여 실제 항원의 침입 시 2차 면역 반응을 유도하여 질병을 예방한다.

- 8 (1) 응집원은 적혈구 세포막 표면에, 응집소는 혈장에 있으며, A형의 혈장 속에는 응집소 β가 있다.  
(2) O형은 응집원 A와 B가 모두 없으므로 항 A 혈청과 항 B 혈청에 모두 응집되지 않는다.  
(3) A형인 혈액에는 응집원 A가 있고, O형인 혈액에는 응집소 α가 있으므로, A형인 혈액을 O형인 사람에게 수혈하면 응집이 일어나므로 소량 수혈할 수 없다. AB형인 사람의 혈액에는 응집소 α, β가 모두 없으므로, A형인 혈액을 AB형인 사람에게 소량 수혈할 수 있다.

### 수능 자료 마스터

본책 84쪽~85쪽

자료 A 1 ㉠

자료 B 2 ㉠

자료 C 3 ㉡

- 1 결핵을 유발하는 병원체 A는 세균(결핵균)이고, 독감을 유발하는 병원체 B는 바이러스(인플루엔자 바이러스)이다.

- ㄱ. 항생제는 세균을 죽이거나 증식을 억제하는 물질이다. 결핵을 유발하는 병원체는 세균이므로, 결핵 치료에 항생제가 사용된다.  
ㄴ. 세균과 바이러스는 모두 유전 물질인 핵산을 가지고 있으므로 '유전 물질을 가지고 있다.'는 A와 B의 공통점인 ㉠에 해당한다.  
ㄷ. 세균은 스스로 물질대사를 하지만 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못한다. 그러므로 '스스로 물질대사를 하지 못한다.'는 B만의 특징인 ㉡에 해당한다.

- 2 ㄱ. (가)의 I은 세균 X에 감염된 후 비만 세포가 분비하는 화학 신호 물질(히스타민)에 의해 감염 부위 주변의 모세 혈관이 확장되고, 백혈구가 모세 혈관 밖으로 빠져나와 식균 작용으로 세균 X를 제거하는 염증 반응을 나타낸 것이다.

- 바로알기 ㄴ. (가)의 II에서 첫 번째 과정은 대식 세포가 세균 X를 분해하여 생긴 항원 조각을 세포 표면에 제시하고, 이를 보조 T 림프구가 인식하는 것이다. 두 번째 과정은 활성화된 보조 T 림프구가 B 림프구의 증식과 분화를 촉진하여 B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성·분비하는 것이다. 따라서 II의 첫 번째 과정에는 대식 세포(백혈구)와 보조 T 림프구가 있고, 두 번째 과정에는 보조 T 림프구, B 림프구, 형질 세포가 있다.

ㄷ. 기억 세포는 형질 세포로 분화할 수 있지만, 형질 세포는 기억 세포로 분화하지 않는다.

**3** ㄴ. 체액성 면역 반응은 형질 세포에서 항체를 생성·분비하여 항원을 무력화하는 것이다. 구간 I에서 X에 대한 항체 농도가 증가한 것은 X에 대한 체액성 면역 반응이 일어나 형질 세포가 생성되고, 형질 세포에서 항체를 생성·분비하였기 때문이다.

ㄷ. 구간 II에서 X에 대한 항체 농도가 증가한 것은 X에 대한 1차 면역 반응이 일어나 X에 대한 B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성·분비하였기 때문이다.

**바로알기** ㄱ. ㉠에 ㉡를 주사하였을 때 항체 농도가 0이지만 이후에 X를 주사하였을 때 항체 농도가 급격히 증가하였다. 이를 통해 ㉡는 X에 대한 2차 면역 반응을 일으키는 기억 세포라는 것을 알 수 있다. ㉠의 혈청에는 X에 대한 항체가 포함되어 있는데, ㉠에 ㉡를 주사하였을 때 항체 농도가 증가하였고, 이후 X를 주사하였을 때 항체 농도가 급격하게 증가하지 않았으므로 1차 면역 반응이 일어났다. 따라서 ㉡는 혈청이다.

## 수능 2점 다지기

본책 86쪽~87쪽

- 1 ③    2 ②    3 ①    4 ④    5 ③    6 ③  
7 ②    8 ②

## 1 질병의 구분

### [선택지 분석]

- ㉠ A의 병원체는 스스로 물질대사를 할 수 있다.  
㉡ B는 비감염성 질병이다.  
㉢ C의 병원체는 세포 구조로 되어 있다. A

ㄱ. A는 세균에 의해 발생하는 감염성 질병이다. 세균은 단세포 생물로 효소가 있어 스스로 물질대사를 할 수 있다.

ㄴ. B는 병원체 없이 발생하는 비감염성 질병이다.

**바로알기** ㄷ. C는 바이러스에 의해 발생하는 감염성 질병이다. 바이러스는 세포 구조로 되어 있지 않다. A의 병원체인 세균이 세포로 되어 있다.

## 2 세균과 바이러스의 특징

### [선택지 분석]

- ㉠ A의 병원체는 바이러스이다. 세균  
㉡ B의 병원체는 세포 분열을 통해 스스로 증식한다. A  
㉢ A의 병원체와 B의 병원체는 모두 유전 물질을 가진다.

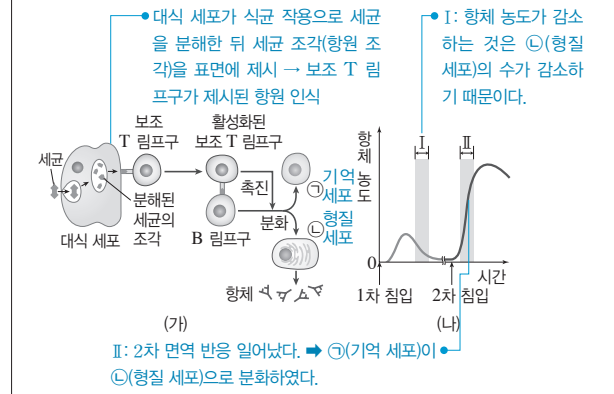
ㄷ. A와 B는 모두 감염성 질병으로, A의 병원체는 세균, B의 병원체는 바이러스이다. 세균과 바이러스는 모두 유전 물질로 핵산을 가진다.

**바로알기** ㄱ. A의 병원체는 세균이다.

ㄴ. B의 병원체인 바이러스는 세포 구조를 갖추고 있지 않아 세포 분열을 통해 스스로 증식하지 않는다. 바이러스는 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있다.

## 3 특이적 방어 작용

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서 보조 T 림프구는 대식 세포를 통해 항원을 인식한다.  
㉡ 구간 I에서 항체 농도가 감소하는 것은 ㉠의 수가 감소하기 때문이다. ㉡  
㉢ 구간 II에서 ㉡는 ㉠으로 분화된다. ㉠이 ㉡으로

ㄱ. (가)에서 대식 세포는 식균 작용으로 세균을 분해하며, 분해된 세균의 조각(항원 조각)을 세포 표면에 제시한다. 보조 T 림프구는 대식 세포가 제시한 항원 조각을 인식하고 활성화하여 B 림프구의 증식과 분화를 촉진한다. 이처럼 보조 T 림프구는 대식 세포를 통해 항원의 종류를 인식한다.

**바로알기** ㄴ. B 림프구가 분화하여 생성된 ㉠은 기억 세포, ㉡은 형질 세포이며, 형질 세포에서 항체가 생성·분비된다. 따라서 구간 I에서 항체 농도가 감소하는 것은 형질 세포(㉡)의 수가 감소하기 때문이다.

ㄷ. 구간 II에서는 세균의 2차 침입으로 기억 세포(㉠)에 의한 2차 면역 반응이 일어난다. 2차 면역 반응에서는 기억 세포(㉠)가 빠르게 증식하고 형질 세포(㉡)로 분화하여 다량의 항체를 생성한다. 기억 세포(㉠)가 형질 세포(㉡)로 분화하고, 형질 세포(㉡)는 기억 세포(㉠)로 분화하지 않는다.

## 4 항원과 항체

### [선택지 분석]

- ㉠ A를 이용하여 만든 백신은 ㉠을 생성하는 형질 세포의 형성을 유도한다.  
㉡ B가 인체에 침입하였을 때 대식 세포의 세포막 표면에 제시된 항원 조각은 한 종류이다. 세 종류  
㉢ ㉠과 ㉡은 모두 B에 결합한다.

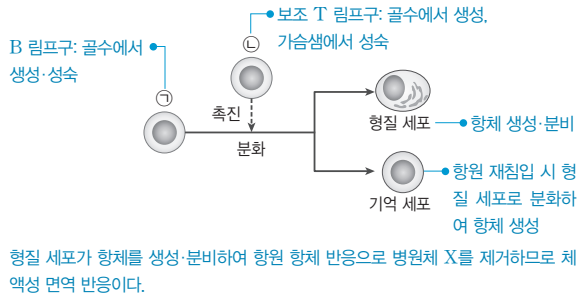
ㄱ. 병원체 A의 막 표면에 있는 항원 조각과 항체 ㉠의 항원 결합 부위의 구조가 들어맞으므로, A의 막 표면에 있는 항원 조각에 대한 항체는 ㉠이다. 따라서 병원체 A를 이용하여 만든 백신은 ㉠을 생성하는 형질 세포의 형성을 유도한다.

ㄷ. 병원체 A의 막 표면에 있는 네모 모양의 항원 조각은 ㉠의 항원 결합 부위와 구조가 들어맞고, 병원체 B의 막 표면에 있는 네모 모양, 둥근 모양, 뾰족한 모양의 항원 조각은 각각 항체 ㉠, ㉡, ㉢의 항원 결합 부위와 구조가 들어맞는다. 따라서 항원 ㉠은 병원체 A와 B에, ㉡, ㉢은 모두 병원체 B에 결합하여 항원 항체 반응을 한다.

**바로알기** ㄴ. 병원체 B는 표면에 세 종류의 항원 조각이 있으므로 대식 세포의 식균 작용에 의해 분해되면 최소 세 종류의 항원 조각이 생기고, 이것이 대식 세포의 세포막 표면에 제시된다.

## 5 체액성 면역 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 가슴샘에서 성숙한다.
- ㉡ 세포성 면역 반응에 해당한다. **체액성**
- ㉢ 병원체 X가 인체에 2차 침입하면 형질 세포에서 항체가 생성된다.

ㄱ. ㉠은 형질 세포와 기억 세포로 분화하므로 B 림프구이다. ㉡은 B 림프구(㉠)의 증식과 분화를 촉진하므로 보조 T 림프구이다. T 림프구(㉡)는 골수에서 생성되어 가슴샘으로 이동하여 성숙한다.

ㄴ. X가 처음 침입하였을 때 1차 면역 반응에 의해 기억 세포가 만들어지고, X가 2차 침입하면 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 항체를 생성·분비한다.

**바로알기** ㄴ. 형질 세포에서 생성·분비된 항체에 의한 방어 작용은 체액성 면역이므로 B 림프구의 분화로 형질 세포와 기억 세포가 만들어지는 과정은 체액성 면역 반응에 해당한다. 세포성 면역은 세포독성 T림프구가 병원체에 감염된 세포를 직접 제거하는 방어 작용이다.

## 6 후천성 면역 결핍증(AIDS)

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 T 림프구이다.
- ㉡ 구간 I에서 HIV에 대한 체액성 면역 반응이 일어난다.
- ㉢ B 림프구는  $t_1$ 에서보다  $t_2$ 에서 형질 세포로 활발하게 분화한다.  $t_2$ 에서보다  $t_1$ 에서

HIV는 보조 T 림프구 내에서 증식하면서 보조 T 림프구를 파괴한다. 그 결과 체액성 면역 반응이 억제되어 면역 결핍이 나타나는 후천성 면역 결핍증이 발병한다. 따라서 HIV 감염 후 시간이 지날수록 HIV 수는 증가하고, T 림프구 수는 감소한다.

ㄱ. ㉠은 HIV에 감염되었을 때 감소하므로 T 림프구이고, ㉡은 HIV이다.

ㄴ. 구간 I에서는 HIV 항체 농도가 증가하고, HIV 수가 감소하므로 체액성 면역 반응에 의해 HIV 항체가 생성되어 HIV를 일부 제거한다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄴ.  $t_1$ 에서보다  $t_2$ 에서 ㉠(T 림프구) 수가 적으므로,  $t_2$ 에서는  $t_1$ 에서보다 보조 T 림프구에 의해 촉진되는 B 림프구의 분화가 잘 일어나지 않는다.

## 7 ABO식 혈액형 구분

### [자료 분석]

항 A 혈청	항 B 혈청	구분	학생 수
		응집원 ㉠이 있는 사람	79 AB형 포함
		응집소 ㉡이 있는 사람	118 O형 포함
응집함	응집함	응집원 ㉠과 응집소 ㉡이 모두 있는 사람	55 A형 또는 B형

항 A 혈청(응집소  $\alpha$ )과 항 B 혈청(응집소  $\beta$ )에 모두 응집 → 영희는 AB형이다.

- 응집원 ㉠이 A이고 응집소 ㉡이  $\beta$ 인 경우: A형+AB형=79, A형+O형=118, A형=55 → A형은 55, AB형은 24, O형은 63, B형은 58
- 응집원 ㉠이 B이고 응집소 ㉡이  $\alpha$ 인 경우 B형+AB형=79, B형+O형=118, B형=55 → A형은 58, AB형은 24, O형은 63, B형은 55

### [선택지 분석]

- ㉠ B형인 학생 수가 가장 적다. **AB형**
- ㉡ ABO식 혈액형이 영희와 같은 학생 수는 24이다.
- ㉢ 항 A 혈청과 항 B 혈청 모두에 응집하지 않는 혈액을 가진 학생 수는 58이다. **63**

ㄴ. 영희의 ABO식 혈액형은 AB형이다. 응집원 A와 B를 모두 가진 AB형은 응집원 ㉠을 가진 학생 수에 포함되므로 응집원 ㉠이 무엇인지에 관계없이 AB형인 학생 수는  $79 - 55 = 24$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 학생 수가 A형과 B형은 각각 55 또는 58이고, AB형은 24, O형은 63이다. 따라서 AB형인 학생 수가 가장 적다.

ㄴ. 항 A 혈청과 항 B 혈청 모두에 응집되지 않는 ABO식 혈액형은 O형이므로 O형인 학생 수는 63이다.

## 8 ABO식 혈액형 구분

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)와 (다)에는 공통된 응집원이 존재한다. **존재하지 않는다.**
- ㉡ (나)의 혈구와 (다)의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다.
- ㉢ '항 B 혈청과 섞으면 응집하는가?'는 ㉠에 해당한다. **해당하지 않는다.**

ㄴ. B형, AB형, O형 혈액 중 항 A 혈청과 섞으면 응집되는 것은 AB형뿐이다. 따라서 (나)는 AB형, (가)와 (다)는 각각 B형과 O형 중 하나이다. AB형의 혈구에는 응집원 A와 B가 있고, B형의 혈청에는 응집소  $\alpha$ , O형의 혈청에는 응집소  $\alpha, \beta$ 가 있다. 따라서 (다)가 B형과 O형 중 어느 것이어도 (나)의 혈구와 (다)의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

**바로알기** ㄱ. B형의 적혈구에는 응집원 B가 있고, O형의 적혈구에는 응집원이 없다. 따라서 (가)와 (다)에는 공통된 응집원이 없다.

ㄴ. AB형(나)의 혈액은 항 B 혈청에도 응집하므로, '항 B 혈청과 섞으면 응집하는가?'는 ㉠에 해당하지 않는다.

### 수능 3점 끝내기

본책 88쪽~91쪽

1 ㉠	2 ㉢	3 ㉤	4 ㉠	5 ㉣	6 ㉣
7 ㉡	8 ㉣	9 ㉢	10 ㉤	11 ㉤	12 ㉤
13 ㉠	14 ㉠				



## 1 질병의 구분

### [선택지 분석]

- ㉠ A의 병원체는 핵막이 없는 세포이다.  
 ✕ '병원체가 핵산을 가지고 있는가?'는 (다)에 해당한다.  
 ✕ B는 항생제로 치료할 수 있다. A 해당하지 않는다.

ㄱ. 고혈압은 병원체 없이 발생하는 비감염성 질병이다. 결핵은 세균, 홍역은 바이러스, 광우병은 변형 프리온에 의해 발생하는 감염성 질병이다. 바이러스와 변형 프리온은 세포가 아니므로 세포 분열을 하지 않으며, 세균은 세포 분열을 한다. 따라서 (나)는 '병원체가 세포 분열을 하는가?'이고, A는 결핵이다. 결핵의 병원체인 세균은 핵막이 없는 세포로 이루어진 원핵생물이다.

**[바로알기]** ㄴ. 광우병을 일으키는 변형 프리온은 단백질로만 구성되므로 '병원체가 핵산을 가지고 있는가?'는 (다)에 해당하지 않는다.  
 ㄷ. 항생제는 결핵(A)과 같은 세균성 질병 치료에 사용한다.

## 2 질병의 구분

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡와 ㉢는 모두 '○'이다.  
 ㉠ A의 병원체는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이다.  
 ✕ C의 병원체는 단백질을 가지고 있다. A와 B

ㄱ. 면역 관련 질환은 면역 체계에 이상이 생겨 나타나는 질환으로, 류머티즘 관절염과 후천성 면역 결핍증이 해당된다. 타인에게 전염될 수 있는 감염성 질병에는 탄저병과 후천성 면역 결핍증이 해당되며, 병원체가 세포 구조를 갖추고 있는 것은 세균에 의해 발생하는 탄저병이 해당된다. 따라서 C는 세 가지 특징 중 한 가지만 있는 류머티즘 관절염이고, ㉠은 '면역 관련 질환이다.', ㉡는 '○'이다, ㉢이 '면역 관련 질환이다.'이므로 A는 후천성 면역 결핍증이고, ㉣은 '타인에게 전염될 수 있다.'이며, ㉡는 '○'이다. 따라서 B는 탄저병이고, ㉤은 '병원체가 세포 구조를 갖추고 있다.'이다.

ㄴ. 후천성 면역 결핍증(A)은 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)에 감염되어 면역 기능이 현저히 저하되는 질병이다.

**[바로알기]** ㄷ. 류머티즘 관절염(C)은 면역계가 자기 몸의 조직을 항원으로 인식하여 공격함으로써 발생하는 자가 면역 질환이다.

## 3 병원체의 종류와 특징

### [선택지 분석]

- ㉠ '세포 구조를 갖추고 있다.'는 ㉠에 해당한다.  
 ㉠ '핵막이 있다.'는 ㉡에 해당한다.  
 ㉠ 무좀을 일으키는 병원체는 C에 속한다.

ㄱ. 파상풍의 병원체는 세균이므로 A는 세균, 말라리아의 병원체는 원생생물이므로 B는 원생생물, 몸이 균사로 이루어진 것은 곰팡이이므로 C는 곰팡이이다. 세균, 원생생물, 곰팡이는 모두 세포 구조를 갖춘 생물이므로, '세포 구조를 갖추고 있다.'는 ㉠에 해당한다.

ㄴ. 세균은 핵막과 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없는 원핵생물이고, 원생생물과 곰팡이는 핵막과 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 있는 진핵생물이다. 따라서 '핵막이 있다.'는 ㉡에 해당한다.

ㄷ. 무좀을 일으키는 병원체는 곰팡이(C)이다.

## 4 염증 반응과 특이적 방어 작용

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)로 인해 피부 조직에서 열과 통증이 나타난다.  
 ✕ (가)에 ㉡이 관여한다. 관여하지 않는다.  
 ✕ ㉠과 ㉢은 모두 골수에서 성숙한다. ㉣은

(가)는 염증 반응을 나타낸 것이며, (나)는 특이적 방어 작용을 나타낸 것이다.

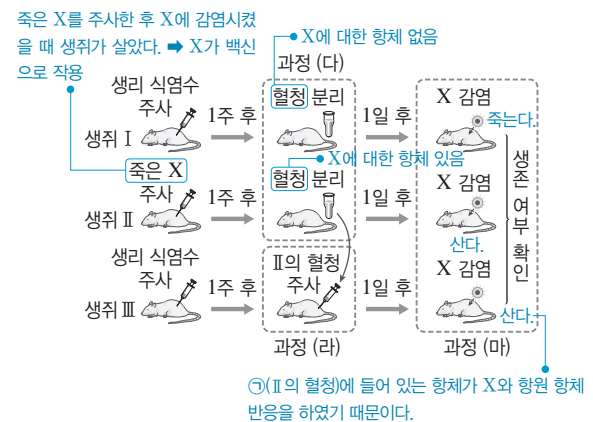
ㄱ. 염증 반응이 일어나면 비만 세포에서 방출된 화학 물질(히스타민)에 의해 모세 혈관이 확장되고 혈관벽의 투과성이 높아져 백혈구가 상처 부위로 이동하여 식균 작용으로 세균을 제거한다. 이 과정에서 모세 혈관이 확장되어 혈류량이 증가하므로 상처 부위는 붉어지고 열이 나며 통증이 나타난다.

**[바로알기]** ㄴ. 염증 반응(가)은 병원체의 종류를 구분하지 않는 비특이적 방어 작용으로, 염증 반응(가)에는 B 림프구(㉡)가 관여하지 않는다.

ㄷ. 세포 ㉠은 세균 X에 감염된 세포를 죽이는 데 관여하므로 세포독성 T림프구이다. 세포 ㉡은 세포독성 T림프구와 B 림프구를 활성화시키므로 보조 T 림프구이다. 세포 ㉣은 형질 세포와 기억 세포로 분화되므로 B 림프구이다. 세포독성 T림프구(㉠)와 보조 T 림프구(㉡)는 모두 골수에서 생성되고 가슴샘에서 성숙한다.

## 5 방어 작용 실험

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ ㉠에는 X에 대한 항체를 생산하는 형질 세포가 들어 있다. 들어 있지 않다.  
 ㉠ (마)의 II에서 X에 대한 특이적 면역 작용이 일어났다.  
 ㉠ (마)의 III에서 X에 대한 항원 항체 반응이 일어났다.

ㄴ. (나)에서 죽은 X를 생쥐 II에 주사했을 때는 II에서 1차 면역 반응이 일어나 B 림프구가 기억 세포와 형질 세포로 분화하고 형질 세포가 X에 대한 항체를 생성한다. (마)에서 생쥐 II에 살아 있는 X를 감염시켰을 때는 2차 면역 반응이 일어나 1차 면역 반응 때 생성된 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체를 생성한다. 이러한 1차 면역 반응과 2차 면역 반응은 병원체의 종류를 인식하여 선별적으로 이루어지는 특이적 면역 작용이다.

ㄷ. (마)에서 생쥐 III은 생쥐 II로부터 얻은 X에 대한 항체가 포함된 혈청을 주사받았으므로, 체내에 X에 대한 항체가 존재한다.

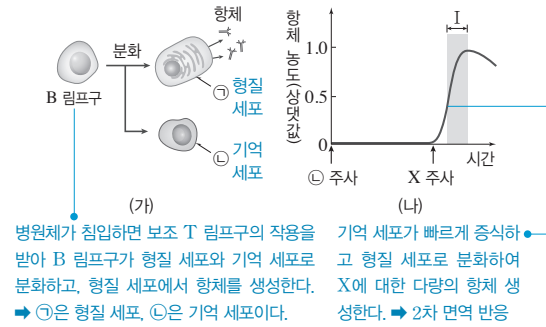


따라서 (마)에서 생쥐 Ⅲ에 X를 감염시켰을 때 항원 항체 반응이 일어나 생쥐 Ⅲ이 생존한 것이다.

**바로알기** ㄱ. 혈청은 혈장 성분 중 혈액 응고에 관여하는 성분을 제거한 것으로, 세포 성분은 들어 있지 않다. 따라서 (라)에서 얻은 생쥐 Ⅱ의 혈청(㉠)에는 X에 대한 항체는 들어 있지만, X에 대한 항체를 생성하는 형질 세포는 들어 있지 않다.

## 6 1차 면역 반응과 2차 면역 반응

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ ㉠은 형질 세포이다. 기억 세포
- X에 감염된 생쥐 A에서 X에 대한 식균 작용이 일어났다.
- 구간 I에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

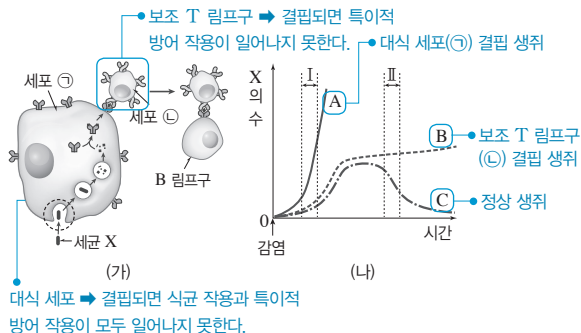
ㄴ. (가)에서는 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화하여 형질 세포가 X에 대한 항체를 생성하는데, 이 과정이 일어나기 전에 대식 세포에 의한 식균 작용이 일어난다. 따라서 X에 감염된 생쥐 A의 체내에서는 대식 세포가 식균 작용을 하여 병원체 X를 끌어들여 분해한다. 그리고 분해한 X의 항원 조각을 세포막 표면에 제시하면, 이를 인식한 보조 T 림프구가 B 림프구를 활성화시켜 형질 세포와 기억 세포로 분화하도록 촉진한다.

ㄷ. 구간 I에서 X에 대한 항체 농도가 급격하게 증가하였으므로 이 구간에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났으며, 따라서 ㉡이 기억 세포임을 알 수 있다. 즉, 기억 세포(㉡)를 주사받은 생쥐 B에 X를 주사하면 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 X에 대한 다량의 항체를 생성하는 2차 면역 반응이 일어난다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 X에 대한 항체를 생성하므로 형질 세포이고, ㉡은 기억 세포이다.

## 7 대식 세포와 특이적 방어 작용

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ A는 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐이다. 대식 세포
- 구간 I에서 X에 대한 식균 작용은 B와 C에서 모두 일어난다.
- ✗ 구간 II에서 형질 세포의 생성 속도는 B에서 C에서보다 빠르다. C에서 B에서보다

대식 세포는 세균 X를 식균 작용으로 잡아먹고 분해한 후 항원 조각을 세포막 표면에 제시한다. 제시된 항원 조각을 보조 T 림프구가 인식하고 활성화되어 B 림프구가 기억 세포와 형질 세포로 분화하는 것을 촉진한다. 따라서 세포 ㉠은 대식 세포, ㉡은 보조 T 림프구이다. 한편, 대식 세포가 결핍되면 식균 작용이 일어나지 않고, 대식 세포에 의한 항원 제시도 이루어지지 않아 특이적 방어 작용도 일어나지 못한다. 그 결과 세균 X가 제거되지 않고 증식하여 그 수가 빠르게 증가한다. 따라서 A는 대식 세포(㉠)가 결핍된 생쥐이다. 보조 T 림프구가 결핍되어도 대식 세포의 식균 작용에 의해 세균이 일부 제거되므로 세균 X의 수가 느리게 증가한다. 따라서 B는 보조 T 림프구(㉡)가 결핍된 생쥐, C는 정상 생쥐이다.

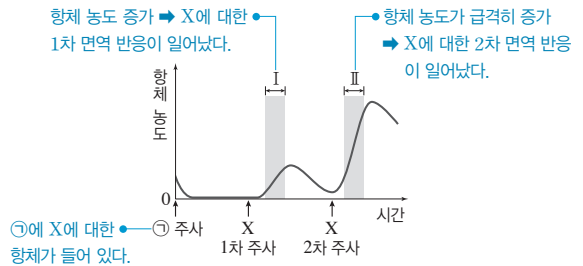
ㄴ. B와 C는 모두 대식 세포가 있으므로 세균 X에 대한 식균 작용이 일어난다.

**바로알기** ㄱ. A는 대식 세포가 결핍된 생쥐이다.

ㄷ. B는 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐이므로 B 림프구가 증식하여 형질 세포로 분화하지 못한다. C는 정상 생쥐이므로 체액성 면역 반응이 정상적으로 일어나 B 림프구가 증식하여 형질 세포로 분화한다. 따라서 구간 II에서 형질 세포의 생성 속도는 C에서 B에서보다 빠르다.

## 8 방어 작용 실험

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ ㉠에는 X에 대한 T 림프구가 들어 있다. 항체
- 구간 I에서 X에 대한 체액성 면역 반응이 일어났다.
- 구간 II에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

ㄴ. 체액성 면역 반응은 형질 세포에서 항체를 생성·분비하여 항원 항체 반응으로 항원을 제거하는 것이다. 구간 I에서 항체 농도가 증가하였으므로 X에 대한 체액성 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

ㄷ. 구간 II에서 항체 농도가 급격히 증가한 것은 X를 1차 주사하였을 때 생성되었던 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체를 생성하여 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

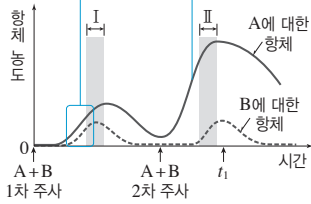
**바로알기** ㄱ. 혈청은 혈액에서 세포 성분과 혈액 응고 관련 물질을 제거한 것이다. 따라서 ㉠에는 X에 대한 T 림프구가 없다.

## 9 1차 면역 반응과 2차 면역 반응

### [자료 분석]

A와 B에 대한 항체 농도가 증가하였다. → A와 B에 대한 1차 면역 반응(특이적 방어 작용)이 일어났다.

● A에 대한 항체 농도가 급격히 증가하였다. → A에 대한 2차 면역 반응이 일어났다. → 1차 면역 반응에서 A에 대한 기억 세포가 생성되었다.



### [선택지 분석]

㉠ 구간 I에서 A에 대한 기억 세포가 형성되었다.

㉡ 구간 II에서 B에 대한 특이적 방어 작용이 일어났다.

㉢  $t_1$ 일 때 ㉠으로부터 얻은 혈청에는 B에 대한 항체를 생산하는 형질 세포가 들어 있다. 들어 있지 않다.

구간 I에서 A와 B의 항체 농도가 증가하였으므로 A에 대한 1차 면역 반응과 B에 대한 1차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다. A와 B를 2차 주사하였을 때 A에 대한 항체 농도가 급격히 증가하였으므로 A에 대한 2차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

㉠. A를 2차 주사하였을 때 A에 대한 항체 농도가 급격히 증가한 것을 통해 구간 I에서 A에 대한 1차 면역 반응이 일어나 형질 세포와 기억 세포가 형성되었음을 알 수 있다.

㉡. 구간 II에서 B에 대한 항체 농도가 증가한 것을 통해 B에 대한 특이적 방어 작용인 체액성 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

▶▶▶ ㉢.  $t_1$ 일 때 생쥐 ㉠의 혈액에는 A에 대한 항체를 생성하는 형질 세포와 B에 대한 항체를 생성하는 형질 세포가 모두 들어 있다. 하지만 혈청은 혈액에서 세포와 혈액 응고 관련 성분을 제거한 것이므로 형질 세포는 들어 있지 않다.

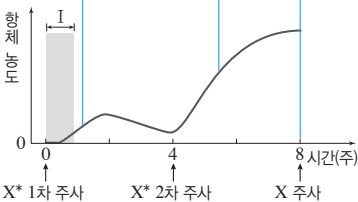
## 10 백신의 원리

### [자료 분석]

항체 농도 상승 →  $X^*$ 에 대한 1차 면역 반응이 일어났다.

항체 농도 급격히 상승 →  $X^*$ 에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

$X^*$ 에 대한 항체가 X와 항원 항체 반응을 하여 X가 제거된다. → A 생존



### [선택지 분석]

㉠  $X^*$ 는 X에 대한 백신 역할을 하였다.

㉡ 구간 I에서  $X^*$ 에 대한 특이적 방어 작용이 일어났다.

㉢ (다)에서 A에게 X를 주사한 후 A에서  $X^*$ 에 대한 형질 세포가 항체를 생성하였다.

㉠.  $X^*$ 는 X의 병원성을 약화시켜 만든 것이고, 생쥐 A에  $X^*$ 를 주사한 후에 X를 주사하였을 때 A가 생존하였으므로  $X^*$ 는 X로 인한 질병을 예방하는 백신으로 작용하였음을 알 수 있다. 백신은 1차 면역 반응을 일으켜 기억 세포를 형성하게 하여 병원체가 침입하였을 때 2차 면역 반응을 일으키도록 하여 질병을 예방한다.

㉡. 구간 I에서  $X^*$ 에 대한 항체 농도가 증가하였으므로  $X^*$ 에 대한 특이적 방어 작용인 체액성 면역 반응이 일어나  $X^*$ 에 대한 형질 세포로부터 항체가 생성되었다.

㉢.  $X^*$ 는 X의 병원성을 약화시켜 만든 것이므로  $X^*$ 를 주사한 A에게 X를 주사하면  $X^*$ 에 대한 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성한다.

## 11 1차 면역 반응과 2차 면역 반응

### [자료 분석]

● B 림프구: 골수에서 생성, 성숙

㉠ 1차 면역 반응

㉡ 2차 면역 반응

㉢ 2차 면역 반응

㉣ 2차 면역 반응

㉤ 2차 면역 반응

㉥ 2차 면역 반응

㉦ 2차 면역 반응

㉧ 2차 면역 반응

㉨ 2차 면역 반응

㉩ 2차 면역 반응

㉪ 2차 면역 반응

㉫ 2차 면역 반응

㉬ 2차 면역 반응

㉭ 2차 면역 반응

㉮ 2차 면역 반응

㉯ 2차 면역 반응

㉰ 2차 면역 반응

㉱ 2차 면역 반응

㉲ 2차 면역 반응

㉳ 2차 면역 반응

㉴ 2차 면역 반응

㉵ 2차 면역 반응

㉶ 2차 면역 반응

㉷ 2차 면역 반응

㉸ 2차 면역 반응

㉹ 2차 면역 반응

㉺ 2차 면역 반응

㉻ 2차 면역 반응

㉼ 2차 면역 반응

㉽ 2차 면역 반응

㉾ 2차 면역 반응

㊀ 2차 면역 반응

㊁ 2차 면역 반응

㊂ 2차 면역 반응

㊃ 2차 면역 반응

㊄ 2차 면역 반응

㊅ 2차 면역 반응

㊆ 2차 면역 반응

㊇ 2차 면역 반응

㊈ 2차 면역 반응

㊉ 2차 면역 반응

㊊ 2차 면역 반응

㊋ 2차 면역 반응

㊌ 2차 면역 반응

㊍ 2차 면역 반응

㊎ 2차 면역 반응

## 12 Rh식 혈액형 판정

### [자료 분석]

#### [실험 과정]

(가) 붉은털원숭이의 혈액에서 ㉠ 적혈구를 분리하여 토끼에게 주사한다.

▶▶▶ 붉은털원숭이의 적혈구(㉠) 세포막에 Rh 응집원이 있어 토끼의 체내에서 Rh 응집원에 대한 항체(Rh 응집소)가 생성된다.

(나) 1주 후, (가)의 토끼에서 혈액을 채취하여 ㉡ 적혈구와 ㉢ 혈청을 각각 분리하여 얻는다.

(다) (나)에서 얻은 ㉡을/를 사람 I, II의 혈액에 각각 섞었을 때의 응집 여부에 따라 Rh식 혈액형을 판정한다.

#### [실험 결과]

구분	응집 여부	Rh식 혈액형
사람 I	응집됨	Rh <sup>+</sup> 형 → Rh 응집원이 있음
사람 II	응집 안됨	Rh <sup>-</sup> 형 → Rh 응집원이 없음

### [선택지 분석]

☒ ㉠은 ㉡이다. ☐

☐ ㉠과 ㉢을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

☐ I의 혈액에는 Rh 응집원이 존재한다.

ㄴ. 적혈구(㉠) 세포막에는 Rh 응집원이 있고, 적혈구(㉠)을 주사한 토끼의 혈청(㉢)에는 Rh 응집원에 대한 항체(Rh 응집소)가 있다. 따라서 적혈구(㉠)과 혈청(㉢)을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

ㄷ. (다)에서 I의 혈액과 Rh 응집원에 대한 항체(Rh 응집소)가 있는 혈청(㉢)을 섞었을 때 응집 반응이 일어난 것을 통해 I의 혈액에 Rh 응집원이 존재함을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. 사람의 적혈구에 Rh 응집원이 있는지를 응집 반응으로 확인하는 것이므로 사람의 혈액을 Rh 응집원에 대한 항체(Rh 응집소)가 포함되어 있는 혈청과 섞는다. 따라서 ㉠은 적혈구(㉠)이 아니고 혈청(㉢)이다.

## 13 ABO식 혈액형과 Rh식 혈액형

### [자료 분석]

응집원 ㉠이 A, 응집소 ㉡이 β라면 학생 수는 다음과 같다.

구분	학생 수
응집원 ㉠을 가진 학생 B형+AB형	74
응집소 ㉡을 가진 학생 B형+O형	110
응집원 ㉠과 응집소 ㉡을 모두 가진 학생 A형	70
Rh 응집원을 가진 학생 Rh <sup>+</sup> 형	198

- A형이 70이면 O형은  $200 - (70 + 74) = 56$ (명)
- B형 =  $110 - 56 = 54$ (명), AB형 =  $74 - 54 = 20$ (명) → 'A형인 학생 수가 O형인 학생 수보다 많다.'는 문제의 조건 충족

### [선택지 분석]

☐ O형인 학생 수가 B형인 학생 수보다 많다.

☒ Rh<sup>+</sup>형인 학생들 중 AB형인 학생 수는 20이다. 19

☒ 항 A 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생 수가 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생 수보다 많다. 적다.

응집원 ㉠과 응집소 ㉡을 모두 가진 학생이 있으므로 ㉠이 응집원 A라면 ㉡은 응집소 β이고, ㉠이 응집원 B라면 ㉡은 응집소 α이다. ㉠이 응집원 A라고 가정하면, ㉡은 응집소 β, ㉠은 응집원 B, ㉡은 응집소 α이다. 응집원 ㉠(A)과 응집소 ㉡(β)을 모두 가진 학생 수가 70이므로 A형인 학생 수는 70이다. 응집원 ㉠(B)을 가진 학생 수가 74이므로 B형+AB형=74이다. 따라서 O형인 학생 수는  $200 - (70 + 74) = 56$ 이다. 응집소 ㉡(α)을 가진 학생 수가 110이므로 B형+O형=110이다. 따라서 B형인 학생 수는  $110 - 56 = 54$ 이고, AB형인 학생 수는  $74 - 54 = 20$ 이다. A형인 학생 수(70)가 O형인 학생 수(56)보다 많다는 조건을 만족하므로 ㉠은 응집원 A이다. Rh 응집원을 가진 Rh<sup>+</sup>형인 학생 수가 198이므로 Rh 응집원을 가지지 않는 Rh<sup>-</sup>형인 학생 수는 2이다.

ㄱ. O형인 학생 수는 56이고, B형인 학생 수는 54이므로 O형인 학생 수가 B형인 학생 수보다 많다.

**바로알기** ㄴ. AB형인 학생 20명 중 1명은 Rh<sup>-</sup>형이므로 19명이 Rh<sup>+</sup>형이다. 따라서 Rh<sup>+</sup>형인 학생들 중 AB형인 학생 수는 19이다.

ㄷ. 항 A 혈청에 응집되는 혈액은 A형과 AB형의 혈액이고, 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액은 B형과 O형이다. A형+AB형=90이고 B형+O형=110이므로, 항 A 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생 수가 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생 수보다 적다.

## 14 ABO식 혈액형 응집 반응

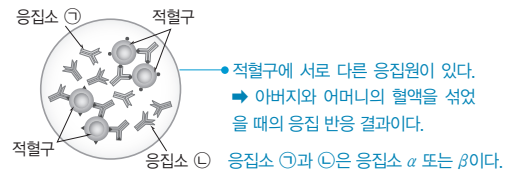
### [자료 분석]

• (가)~(라) 모두가 응집하지 않는 경우가 없다. → ㉠~㉢ 중에는 O형은 응집소가 없으므로 ㉠~㉢ 모두 AB형의 혈장이 없다. → O형은 응집소가 없으므로 ㉠~㉢ 모두 AB형의 혈장이 없다. → AB형은 응집원 A와 B가 모두 있으므로 ㉠~㉢ 모두에서 응집한다.

구분	(가)	(나) O형	(다)	(라) AB형
㉠	+	? -	-	? +
㉡	? +	-	+	+
㉢	-	-	? +	+

(+: 응집함, -: 응집 안 함)

㉠~㉢ 중에 AB형의 혈장이 없으므로 부모 중에는 혈액형이 AB형인 사람이 없다. → 부모의 혈액형은 A형과 B형이고, 자녀의 혈액형은 AB형과 O형이므로, (가)와 (다)는 부모, (나)와 (라)는 자녀이다.



### [선택지 분석]

☐ (나)는 ㉠과 ㉡을 모두 가지고 있다.

☒ (라)는 ㉠을 가진 사람에게 소량 수혈할 수 있다. 없다.

☒ 그림은 어머니와 철수의 혈액을 섞었을 때의 응집 반응 결과이다. 아버지

(가)~(라)의 ABO식 혈액형은 모두 다르므로 철수 부모의 혈액형은 AB형과 O형(자녀가 A형과 B형)이거나, A형과 B형(자녀가 AB형과 O형)이다. AB형의 혈액에는 응집소가 없으므로 ㉠~㉢ 중 AB형의 혈장이 있다면 ㉠~㉢ 중 (가)~(라)의 혈액과 각각 섞었을 때 모두 응집되지 않는 혈장이 있어야 하는데 없다. 따라서 ㉠~㉢에는 AB형의 혈장이 없어 철수 부모의 혈액형은 AB형일 수 없으므로 부모의 혈액형은 A형과 B형이다. O형의 혈액에는 응집원이 없으므로 ㉠~㉢과 각각 섞었을 때 모두 응집되지 않고, AB형의 혈액에는 응집원 A와 B가 모두 있으므로 ㉠~㉢과 각각 섞었을 때 모두 응집된다. 따라서 (나)의 혈액형은 O형, (라)의 혈액형은 AB형이고, (가)와 (다)는 부모이며 혈액형은 A형 또는 B형이다.

ㄱ. (나)는 O형이므로 응집원은 없고 응집소 α와 β(㉠과 ㉡)를 모두 가지고 있다.

**바로알기** ㄴ. AB형의 혈액은 응집소는 없고 응집원 A와 B를 모두 가지고 있다. 소량 수혈은 혈액을 주는 사람의 응집원과 받는 사람의 응집소가 응집 반응이 일어나지 않으면 가능하다. 따라서 AB형인 (라)의 혈액은 응집소 α 또는 β를 가진 사람에게에는 수혈할 수 없다.

ㄷ. 그림은 서로 다른 응집원을 가진 두 가지 적혈구가 있으므로 A형과 B형인 사람의 혈액을 섞었을 때의 응집 반응 결과를 나타낸 것이다. 따라서 어머니와 아버지의 혈액을 섞었을 때의 결과이다.

## 08 염색체와 DNA

### 개념 확인 문제

본책 97쪽, 99쪽

- 1 A: DNA, B: 히스톤 단백질, C: 뉴클레오솜, D: 염색체, E와 F: 염색 분체 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 3 (1) × (2) × (3) ○ 4 (1) ㉠ 상동 염색체, ㉡ 대립유전자 (2) ㉠ 44, ㉡ 2 (3) ㉠ XY, ㉡ XX 5 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) × 6 (가) 후기 (나) 간기 (다) 전기 (라) 중기 (마) 말기 7 (1) (나) (2) (마) (3) (다) (4) (가) (5) (라) 8 A: 간기의 S기, B: 분열기의 말기

- 1 A는 DNA, B는 히스톤 단백질이고, C는 DNA(A)와 히스톤 단백질(B)로 구성된 뉴클레오솜이다. D는 응축된 막대 모양의 염색체이고, E와 F는 염색 분체이다.
- 2 (1) 유전자는 DNA(A)에서 유전 정보가 있는 특정 부위이다. (2) DNA(A)가 히스톤 단백질(B)을 휘감아 뉴클레오솜(C)을 형성한다. (3) 응축된 염색체(D)는 분열하는 세포에서만 관찰된다. (4) 하나의 염색체를 구성하는 두 가닥의 염색 분체 E와 F는 하나의 DNA가 복제되어 형성되므로 유전자 구성이 서로 같다.
- 3 (1), (3) ㉠과 ㉡, ㉢과 ㉣은 각각 하나의 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이므로 유전자 구성이 서로 같다. 대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 있는 유전자를 말한다. (2) ㉠과 ㉢은 상동 염색체로 같은 위치에는 하나의 형질을 결정하는 대립유전자가 있다. 대립유전자는 서로 같을 수도 있고 다를 수도 있다.
- 4 (1) 상동 염색체는 모양과 크기가 같으며, 같은 위치에 대립유전자가 있다. (2), (3) 사람의 체세포에는 44개의 상염색체와 2개의 성염색체가 들어 있으며( $2n=46$ ), 남자의 성염색체 구성은 XY, 여자의 성염색체 구성은 XX이다.
- 5 (1) 세포 주기는 간기와 분열기로 구분하며, 간기가 세포 주기의 대부분을 차지한다. (2) 간기는  $G_1$ 기 → S기 →  $G_2$ 기의 순으로 진행된다. (3) 간기의 S기에 DNA가 복제되어 DNA양이 2배로 증가한다. (4) 방추사를 구성하는 단백질과 세포막을 구성하는 물질을 합성하여 세포 분열을 준비하는 시기는  $G_2$ 기이다. (5) 염색체는 분열기의 전기에 응축되어 나타난다.
- 7 (1) 간기(나)에 세포가 생장하고 DNA가 복제된다. (2), (3) 전기(다)에 핵막이 사라지고 염색체가 응축되며, 말기(마)에 핵막이 다시 나타난다. (4) 후기(가)에 염색 분체가 분리되어 세포의 양극으로 이동한다. (5) 중기(라)에 염색체가 세포 중앙에 배열된다.

- 8 A는 DNA양이 2배로 증가하므로 DNA 복제가 일어나는 간기의 S기, B는 DNA양이 반으로 줄어드는 분열기의 말기이다.

### 수능 자료 마스터

본책 100쪽~101쪽

자료 ㉠ 1 ㉡

자료 ㉢ 2 ㉣

자료 ㉤ 3 ㉥

- 1 나. ㉡은 DNA가 히스톤 단백질을 휘감고 있는 뉴클레오솜이다.  
 바로알기 ㄱ. 하나의 염색체를 구성하는 두 가닥의 염색 분체는 하나의 DNA가 복제되어 형성된 것이므로 유전자 구성이 같다. 따라서 ㉠은 유전자 A이다.  
 다. 염색체를 구성하는 ㉢은 DNA이다.
- 2 구간 I에는 DNA 복제가 일어나는 S기의 세포가 있고, 구간 II에는 DNA가 복제된 후인  $G_2$ 기, M기(분열기)의 세포가 있다.  
 ㄱ.  $G_1$ 기, S기,  $G_2$ 기는 간기에 속한다.  
 나. 구간 II에는  $G_2$ 기와 M기(분열기)의 세포가 있으므로 후기(㉤)에 해당하는 세포가 있다.  
 바로알기 ㄷ. 특정 형질에 대한 유전자형이 Rr이므로 ㉠에는 대립유전자 r가 있다.
- 3 나. 세포 ㉢은 염색 분체가 분리되어 세포의 양극으로 이동하는 M기(분열기) 후기의 세포이다.  
 바로알기 ㄱ. ㉠은  $G_1$ 기이고, ㉡은 DNA 복제가 끝난 후의  $G_2$ 기이다. 염색 분체는 하나의 염색체를 이루는 각각의 가닥으로 M기(분열기)의 전기에 염색체가 응축되어 나타나므로 염색 분체도 M기에 관찰된다.  
 다. ㉠( $G_1$ 기)은 DNA 복제가 일어나기 전이고 ㉢은 M기(분열기)의 중기 세포의 모습이다. 따라서 세포 1개당 T의 수는 DNA 복제가 일어나기 전인 ㉠ 시기의 세포가 DNA 복제 후 염색 분체가 분리되기 전인 ㉢의 절반이다.

### 수능 2점 다지기

본책 102쪽~103쪽

1 ㉤

2 ㉢

3 ㉤

4 ㉠

5 ㉢

6 ㉤

7 ㉢

8 ㉢

### 1 염색체의 구조

#### |선택지 분석|

- ㉠ (가)는 DNA와 히스톤 단백질로 구성된다.  
 ㉡ (나)는 뉴클레오솜이다.  
 ㉢ (다)의 단위체는 뉴클레오타이드이다.

- ㄱ, 나. 염색체(가)는 DNA(다)가 히스톤 단백질을 감싼 구조인 뉴클레오솜(나)이 차곡차곡 쌓이고 꼬여 형성된 것이다.  
 다. DNA(다)를 구성하는 단위체는 당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 뉴클레오타이드이다.



## 2 상동 염색체와 대립유전자

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠과 ㉡은 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이다.
- ㉢ ㉢과 ㉣의 같은 위치에 있는 유전자는 동일한 형질을 결정한다.
- ㉤ B의 대립유전자는 B이다. b

㉠과 ㉡은 염색 분체로, 유전자 구성이 서로 같지만, ㉢과 ㉣은 상동 염색체로, 대립유전자가 같을 수도 있고(AA), 다를 수도 있다(Bb).

㉠. 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체(㉠, ㉡)는 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이므로 유전자 구성이 서로 같다.

㉢. ㉢과 ㉣은 상동 염색체로 같은 위치에는 동일한 형질을 결정하는 대립유전자가 있다.

**바로알기** ㉤. 대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하므로 B의 대립유전자는 b이다.

## 3 핵상

### [선택지 분석]

- ㉠ 분열 중인 세포이다.
- ㉢ 세포의 핵상은  $2n$ 이다.
- ㉤ 체세포 분열이 일어날 때 ㉠과 ㉡은 분리되어 서로 다른 딸 세포로 들어간다.

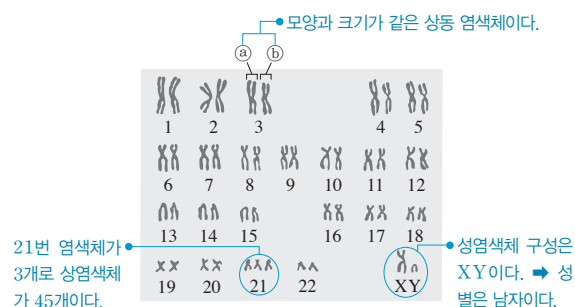
㉠. 두 가닥의 염색 분체로 이루어진 염색체는 분열 중인 세포에서 관찰된다.

㉢. 핵상은 세포 하나에 들어 있는 염색체의 상대적인 수로, 상동 염색체가 쌍으로 존재하면  $2n$ , 상동 염색체 중 하나씩만 있으면  $n$ 이다. 이 세포는 상동 염색체가 2개 있으므로 핵상은  $2n$ 이다.

㉤. ㉠과 ㉡은 염색 분체이며, 염색 분체는 체세포 분열 후기에 분리되어 서로 다른 세포로 들어간다.

## 4 사람의 핵형 분석

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉢은 ㉤의 상동 염색체이다.
- ㉢ 이 핵형 분석 결과에서 ABO식 혈액형을 알 수 있다. 없다.
- ㉤ 이 핵형 분석 결과에서 관찰되는 상염색체의 염색 분체 수는 45개이다. 90개

㉠. 같은 번호이며 모양과 크기가 같은 ㉢과 ㉤는 상동 염색체이고, 상염색체이다.

**바로알기** ㉢. 핵형 분석을 통해서 성별, 염색체 수의 이상 등을 알 수 있다. ABO식 혈액형은 유전자에 의해 결정되므로 핵형 분석으로는 알 수 없다.

㉤. 21번 염색체가 3개이므로 상염색체 수는 45개이다. 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 상염색체의 염색 분체 수는  $45 \times 2 = 90$ 개이다.

## 5 세포 주기

### [선택지 분석]

- ㉠ 핵 1개당 DNA양은 ㉠ 시기 세포가 ㉢ 시기 세포의 2배이다.
- ㉢ 방추사는 ㉢ 시기에 나타난다. M기(분열기)
- ㉤ M기에 핵막의 소실과 형성이 관찰된다.

세포 주기는 간기와 M기(분열기)로 구분되며, 간기는  $G_1$ 기 → S기 →  $G_2$ 기의 순으로 진행된다. 따라서 ㉠은  $G_1$ 기, ㉢은 S기, ㉤은  $G_2$ 기이다.

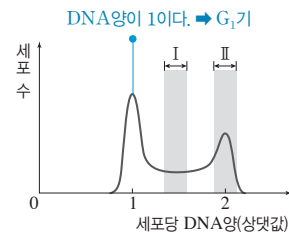
㉤. 체세포 분열 과정에서 간기에는 핵막이 관찰된다. 이후 M기(분열기)의 전기에 핵막이 사라지고 염색체가 응축되어 막대 모양으로 나타나며, 말기에는 염색체가 풀리면서 핵막이 다시 형성되어 2개의 딸핵이 만들어진다.

**바로알기** ㉠. S기(㉢)에 DNA 복제가 일어나 DNA양이 2배로 증가하므로  $G_1$ 기(㉠) 세포의 핵 1개당 DNA양은  $G_2$ 기(㉤) 세포의  $\frac{1}{2}$ 이다.

㉢. 방추사는 M기(분열기)의 전기에 중심체에서 형성되어 염색체의 동원체에 붙는다. M기(분열기)의 후기에 동원체에 붙은 방추사가 짧아지면서 염색 분체가 분리되어 세포의 양극으로 이동하게 된다.

## 6 체세포 분열 과정에서의 DNA양 변화

### [자료 분석]



- 구간 I: DNA양이 1에서 2로 증가하고 있다. → S기
- 구간 II: DNA 복제가 완료되어 DNA양이 2이다. →  $G_2$ 기, 분열기(M기)

### [선택지 분석]

- ㉠ 구간 I에는 DNA 복제가 일어나는 세포가 있다.
- ㉢ 구간 II에는 핵막이 소실된 세포가 있다.
- ㉤  $\frac{G_1 \text{기 세포 수}}{G_2 \text{기 세포 수}}$ 의 값은 1보다 크다.

㉠. 구간 I의 세포는 세포당 DNA양이 1에서 2로 늘어나고 있으므로 DNA가 복제되는 S기에 해당한다.

㉢. 구간 II의 세포는 세포당 DNA양이 2이므로 DNA가 복제된 후인  $G_2$ 기와 분열기(M기)에 해당한다. 분열기(M기) 전기에는 핵막과 인이 사라지고 염색체가 응축되어 나타난다.

㉤.  $G_1$ 기의 세포는 DNA양이 1이고,  $G_2$ 기의 세포는 DNA양이 2이다. 세포당 DNA양이 1인 세포의 수가 DNA양이 2인 세포보다 많으므로  $\frac{G_1 \text{기 세포 수}}{G_2 \text{기 세포 수}}$ 의 값은 1보다 크다.

## 7 체세포 분열

### [선택지 분석]

- ① 체세포 분열 과정 중에 있는 세포들이다.
- ② A의 핵에는 뉴클레오솜이 있다.
- ☒ B의 염색체는 DNA가 복제되기 전의 상태이다.

DNA가 복제된 후

- ④ C는 방추사가 염색체의 동원체에 붙은 상태이다.
- ⑤ D에서 분열이 더 진행되면 세포판이 형성될 것이다.

A는 간기, B는 전기, C는 중기, D는 후기의 세포이다.

- ① 양파 뿌리에서는 체세포 분열이 일어난다.
- ② 식물 세포의 염색체에서 DNA는 히스톤 단백질과 결합한 상태로 있으므로 염색체가 핵 속에 있을 때 응축되어 막대 모양으로 나타날 때 항상 뉴클레오솜이 형성되어 있다.
- ④ 전기(A)에 방추사가 형성되어 동원체에 붙는다. 중기(C)에도 방추사는 염색체의 동원체에 붙은 상태이다.
- ⑤ D는 후기의 세포로 분열이 더 진행되면 세포판이 형성되어 세포질 분열이 일어난다.

**바로알기** ③ DNA 복제는 간기의 S기에 일어나므로 전기(B)의 염색체는 DNA가 복제된 후의 상태이다.

## 8 염색체의 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ A와 B는 핵 속에 존재한다.
- ㉡ (가)에서 DNA가 복제된다.
- ☒ (나)에서 세포의 핵상이 2배로 증가한다. **일정하다.**

㉠. A와 B는 DNA가 복제되기 전으로 핵 속에 실처럼 풀어진 상태로 존재한다.

㉡. (가) 과정에서 DNA가 복제되어 두 가닥으로 된다.

**바로알기** ㉢. DNA 복제 전에도 염색체가 실처럼 풀어진 상태로 쌍을 이루고 있으므로 DNA가 복제(가)되고 응축(나)되어 두 가닥의 염색 분체로 된 염색체가 나타난 후에도 핵상은 2n으로 일정하다.

### 수능 3점 공부하기

본책 104쪽~107쪽

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 ①  | 2 ③  | 3 ②  | 4 ③  | 5 ①  | 6 ①  |
| 7 ③  | 8 ④  | 9 ④  | 10 ⑤ | 11 ④ | 12 ① |
| 13 ④ | 14 ② | 15 ② | 16 ② |      |      |

## 1 염색체의 구조

### [선택지 분석]

- ㉠ A의 특정 부분에 유전 정보를 저장하는 유전자가 있다.
- ☒ B는 세포 주기의 간기에 관찰된다. **분열기**
- ☒ ㉠과 ㉡은 유전자 구성이 다르다. **같다.**

A는 DNA, B는 염색체이고, ㉠과 ㉡은 염색 분체이다.

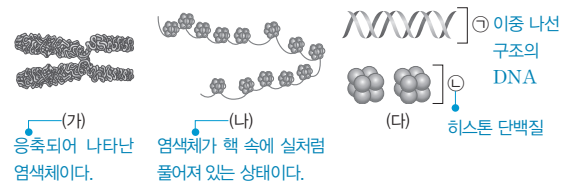
㉠. DNA(A)의 특정 부분에는 생물의 형질을 결정하는 유전 정보를 담고 있는 유전자가 있다.

**바로알기** ㉡. 간기에는 염색체(B)가 핵 속에 실처럼 풀어져 있어 관찰되지 않지만, 분열기(M기)에는 응축되어 막대 모양으로 나타나므로 관찰된다.

㉢. 염색 분체는 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이므로 염색 분체 ㉠과 ㉡은 유전자 구성이 같다.

## 2 염색체의 구성 성분

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 분열하는 세포에서는 (나)가 (가)로 응축된다.
- ㉡ ㉠은 당, 인산, 염기로 구성되어 있다.
- ☒ ㉢은 뉴클레오솜이다. **히스톤 단백질**

㉠. 분열하는 세포에서는 염색체가 응축되어 막대 모양으로 관찰된다.

㉡. DNA(㉠)는 당, 인산, 염기로 구성된 뉴클레오타이드가 결합하여 형성된다.

**바로알기** ㉢. 염색체는 DNA(㉠)와 히스톤 단백질(㉡)로 구성되며, DNA(㉠)가 히스톤 단백질(㉡)을 휘감아 뉴클레오솜을 형성한다.

## 3 염색체의 구조

### [선택지 분석]

- ☒ ㉠은 2가 염색체이다. **염색체**
- ☒ 세포 주기의 S기에 ㉡이 ㉠으로 응축된다. **M기(분열기)**
- ㉢ ㉠의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

㉠은 2개의 염색 분체로 이루어진 염색체이고, ㉡은 DNA가 히스톤 단백질을 휘감은 뉴클레오솜이 연결된 것이며, ㉢은 이중 나선 구조의 DNA이다.

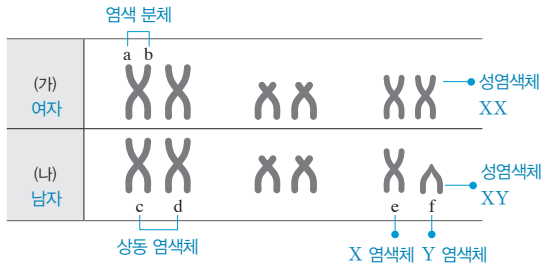
㉣. DNA(㉢)의 기본 단위는 당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 결합된 뉴클레오타이드이다.

**바로알기** ㉠. ㉠은 2개의 염색 분체로 이루어진 염색체이다. 2가 염색체는 상동 염색체가 접합한 것으로, 감수 1분열 전기에 형성된다.

㉡. 세포 주기 중 M기(분열기)의 전기에 뉴클레오솜이 차곡차곡 쌓이고 꼬인 것이 더욱 응축되어 막대 모양의 염색체(㉠)로 나타난다.

#### 4 핵형 분석

##### |자료 분석|



##### |선택지 분석|

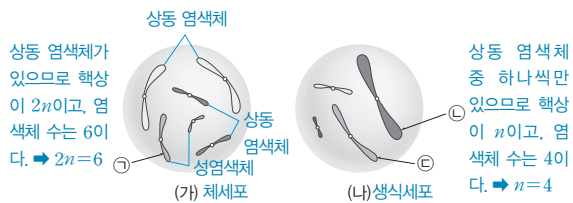
- ☒ a와 b는 상동 염색체이다. **염색 분체**
- ☒ c와 d는 유전자 구성이 모두 같다. **대립유전자가 같을 수도 있고, 다를 수도 있다.**
- ☐ e는 X 염색체, f는 Y 염색체이다.

ㄷ. (가)와 (나)에서 남녀에서 공통으로 있는 염색체 쌍은 상염색체이고, 구성이 다른 염색체 1쌍은 성염색체이다. (가)는 성염색체 2개의 모양과 크기가 같으므로 성염색체 구성이 XX인 여자이고, (나)는 성염색체 2개의 모양과 크기가 다르므로 성염색체 구성이 XY인 남자이다. e는 남자와 여자에 공통으로 있으므로 X 염색체이고, f는 남자에만 있으므로 Y 염색체이다.

**바로알기** ㄱ. a와 b는 하나의 염색체를 이루는 염색 분체이다.  
 ㄴ. c와 d는 상동 염색체이다. 상동 염색체는 부모에게서 하나씩 물려받은 것이므로 대립유전자가 같을 수도 있고, 다를 수도 있다.

#### 5 핵상

##### |자료 분석|



##### |선택지 분석|

- ☐ ㉠은 성염색체이다.
- ☒ ㉠은 ㉡의 상동 염색체이다. **상동 염색체가 아니다.**
- ☒ A와 B의 생식세포에 들어 있는 염색체 수는 같다. **다르다.**

ㄱ. (가)에서 ㉠은 모양과 크기가 같은 염색체가 없으므로 성염색체이다.

**바로알기** ㄴ. (나)의 염색체는 상동 염색체 중 하나씩만 있는 것이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 상동 염색체가 아니다.

ㄷ. (가)는  $2n=6$ 이므로 A의 체세포이고, (나)는 B의 생식세포이다. A의 생식세포는  $n=3$ 이고, B의 생식세포는  $n=4$ 이므로 A와 B의 생식세포의 염색체 수는 다르다.

#### 6 사람의 염색체

##### |선택지 분석|

- ☐ A와 B는 모두 상염색체이다.
- ☒ 상염색체의 염색 분체 수  $= 44$ 이다.  $\frac{44 \times 2}{1} = 88$
- ☒ ㉠과 ㉡의 같은 위치에는 대립유전자가 있다. **없다.**

ㄱ. 상염색체는 성에 상관없이 남녀가 공통으로 가지는 염색체이므로 A와 B는 모두 상염색체이다.

**바로알기** ㄴ. 1~22번까지 남녀가 공통으로 가지는 염색체가 상염색체이므로 상염색체 수는 44개이고, 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 상염색체의 염색 분체 수는 총 88개이다. 이 사람은 성염색체로 X 염색체 하나만을 가지므로

$$\frac{\text{상염색체의 염색 분체 수}}{\text{성염색체의 수}} = \frac{88}{1} = 88 \text{이다.}$$

ㄷ. ㉠, ㉡은 염색 분체이며, 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이다. 대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 유전자이다.

#### 7 생물종에 따른 염색체 수

##### |선택지 분석|

- ☒ 침팬지와 감자의 핵형은 동일하다. **다르다.**
- ☒ 감자의 유전자 수는 침팬지와 같고 사람보다 많다. **다르다.**
- ☐ 사람의 정자 1개에 들어 있는 상염색체는 22개이다.

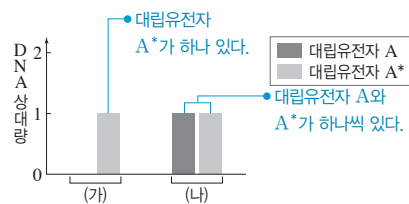
ㄷ. 사람의 체세포의 핵상과 염색체 수는  $2n=46$ 이므로 생식세포인 정자의 핵상과 염색체 수는  $n=23$ 이다. 정자의 23개의 염색체 중에서 22개는 상염색체이고, 1개는 성염색체이다.

**바로알기** ㄱ. 핵형은 염색체의 수, 모양, 크기와 같은 특징으로 염색체 수가 같아도 염색체 모양과 크기가 다르면 핵형이 다르다. 침팬지와 감자는 염색체 수가 48개로 같아도 핵형이 다르다.

ㄴ. 염색체 수가 같다고 해서 유전자 수도 같은 것은 아니다. 유전자는 염색체의 DNA에서 유전 정보가 저장되어 있는 특정 부위이며, 하나의 염색체에는 수많은 유전자가 있다.

#### 8 사람의 염색체

##### |자료 분석|



- (가)는 핵상이  $n$ 이므로 생식세포이며, X 염색체가 1개 있다.  $\Rightarrow$  두 사람의 성별이 다르다고 하였으므로 (가)는 남자의 생식세포이다.
- (나)의 핵상은  $2n$ 이며, X 염색체가 2개 있다.  $\Rightarrow$  (나)는 여자의 체세포이다.

##### |선택지 분석|

- ☒ (가)의 A\*는 아버지에게서 물려받은 것이다. **어머니**
- ☐ ㉠의 핵상은  $2n$ 이다.
- ☐ ㉡의 상염색체 수  $= 2$ 이다.

ㄴ. (나)에 대립유전자 A와 A\*가 모두 있다는 것은 상동 염색체가 있다는 것을 의미하므로 (나)의 핵상은  $2n$ 이다.

ㄷ. (나)의 핵상이  $2n$ 이므로 (가)의 핵상은  $n$ 이다. (가)의 핵상이  $n$ 이고 (나)의 핵상은  $2n$ 이므로, (나)의 상염색체 수는 (가)의 상염색체 수의 2배이다.  $\frac{\text{(나)의 상염색체 수}}{\text{(가)의 상염색체 수}} = \frac{22 \times 2}{22} = 2$ .

**바로알기** ㄱ. (가)는 남자의 생식세포이며, A\*가 있는 X 염색체가 있다. 남자의 X 염색체는 어머니에게서 물려받는다.

## 9 염색체와 세포 주기

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠이 ㉠으로 응축되는 시기는 ㉠이다.  
 ㉡ 세포 1개당 DNA 양은  $G_2$ 기 세포가 ㉠ 시기 세포의 2배이다.  
 ㉢ ㉢ 시기에는 ㉠이 ㉠으로 풀어지고 핵막이 나타난다.  
 ㉣ ㉣ 시기의 말기

㉠은 염색체가 실처럼 풀어져 있는 상태이고, ㉠은 응축된 염색체이며, ㉠은 M기(분열기), ㉠은  $G_1$ 기, ㉢는 S기이다.

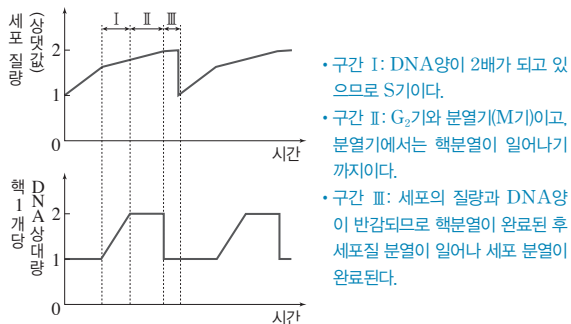
㉠. M기(분열기, ㉠)의 전기에는 핵막이 사라지고, 실처럼 풀어져 있던(㉠) 염색체가 응축되어 막대 모양(㉠)으로 나타난다.

㉡. DNA는 S기에 복제되므로 세포 1개당 DNA 양은 복제가 일어난  $G_2$ 기 세포가 복제가 일어나지 않은  $G_1$ 기(㉠) 세포의 2배이다.

㉢. 응축된 염색체(㉠)가 실과 같이 풀어지고(㉠), 핵막이 다시 나타나는 시기는 M기(분열기, ㉠)의 말기이다.

## 10 체세포 분열의 DNA 양 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 구간 I에서 염색 분체가 분리된다. DNA가 복제된다.  
 ㉡ 구간 II에서 방추사가 염색체에 붙는다.  
 ㉢ 구간 III에서 세포질 분열이 일어난다.

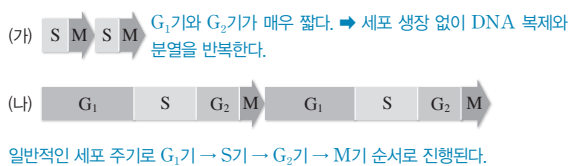
㉡. 구간 II에는 분열기가 포함되어 있다. 분열기(M기)의 전기에 방추사가 형성되어 염색체의 동원체에 붙는다.

㉢. 세포질 분열은 핵분열이 끝난 후에 일어나므로 구간 III에서 일어난다.

㉣. 구간 I은 DNA 복제가 일어나는 간기의 S기이다. 체세포 분열에서 염색 분체는 분열기(M기)의 후기에 분리된다.

## 11 발생 초기 수정란의 세포 주기

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서는 (나)에서보다 세포의 수가 빠르게 증가한다.  
 ㉡ (가)에서는 분열을 거듭하여도 세포의 크기가 변하지 않는다.  
 ㉢ (나)에서는 분열을 거듭하여도 세포의 핵상이 변하지 않는다.

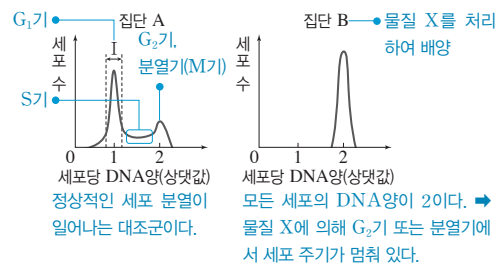
㉠. (가)에서는  $G_1$ 기와  $G_2$ 기가 매우 짧아 세포의 성장 없이 DNA 복제와 분열이 반복해서 일어나므로 (가)에서는 (나)에서보다 세포가 분열하는 데 걸리는 시간이 짧다. 따라서 (가)에서는 (나)에서보다 세포의 수가 빠르게 증가한다.

㉡. (가)와 (나)에서는 S기에 DNA가 복제된 후 M기(분열기)에 분열이 일어난다. 따라서 분열이 거듭되더라도 세포의 핵상이 변하지 않고 유지된다.

㉢. (가)는 수정란이 초기 분열할 때의 세포 주기이며  $G_1$ 기가 매우 짧아 세포가 거의 성장하지 못하고 분열을 반복한다. 따라서 분열을 거듭할수록 세포 1개의 크기가 작아진다.

## 12 세포 주기와 DNA 양 변화

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 집단 A의 세포는  $G_2$ 기보다  $G_1$ 기가 길다.  
 ㉡ 구간 I에는 분열기(M기)의 세포가 있다.  $G_1$ 기  
 ㉢ 물질 X는  $G_1$ 기에서 S기로의 전환을 억제한다.  
 ㉣  $G_2$ 기에서 분열기로의 전환 또는 분열기의 진행

㉠.  $G_1$ 기의 세포는 DNA 양이 1이고,  $G_2$ 기의 세포는 DNA 양이 2이다. 집단 A에서 DNA 양이 1인 세포의 수가 DNA 양이 2인 세포의 수보다 많으므로 세포 주기에서  $G_1$ 기가  $G_2$ 기보다 길다.

㉡. 구간 I에는  $G_1$ 기의 세포가 있다. 분열기(M기)는 DNA 복제 후에 진행되어 DNA 양이 2이므로 구간 I에는 분열기(M기)의 세포가 없다.

㉢. 집단 B에서 모든 세포의 세포당 DNA 양이 2이므로 물질 X는  $G_2$ 기에서 분열기(M기)로의 전환을 억제하거나, 분열기(M기)가 진행되는 것을 억제한다.

## 13 체세포 분열 과정에서의 DNA 양 변화

### [선택지 분석]

- ㉠ 구간 I에는 염색 분체의 분리가 일어나는 시기의 세포가 있다.  
 ㉡ C 시기에 핵막이 소실된다. M기(분열기)  
 ㉢ 세포 주기는 ㉠ 방향으로 진행된다.

(가)에서 세포당 DNA 양이 1인 세포의 수가 DNA 양이 2인 세포의 수보다 많으므로  $G_1$ 기가  $G_2$ 기보다 길다. 따라서 (나)에서 면적이 가장 넓은 C는  $G_1$ 기, A는  $G_2$ 기, B는 S기이다.

㉠. 구간 I에는 세포당 DNA 양이 2인 세포, 즉 DNA가 복제된 이후의  $G_2$ 기와 M기(분열기)의 세포가 있다. 체세포 분열에서 염색 분체의 분리는 M기(분열기)의 후기에 일어난다.

㉡. 세포 주기는  $G_1$ 기 → S기 →  $G_2$ 기 → M기(분열기) →  $G_1$ 기...의 순서로 진행되므로 ㉠ 방향으로 진행된다.

㉢. M기(분열기)의 전기에 핵막이 사라지고, 실처럼 풀어져 있던 염색체가 응축되어 막대 모양으로 나타난다.



## 14 세포 주기와 체세포 분열 과정

### |선택지 분석|

- ☒ (나)는 ㉠ 시기에 관찰된다. ㉠ 시기  
☒ 핵상은  $G_1$ 기의 세포와 ㉠ 시기의 세포가 같다.  
☒ ㉠과 ㉡는 부모에게서 각각 하나씩 물려받은 것이다.  
 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이다.

(가)의 ㉠은 S기, ㉡은  $G_2$ 기, ㉢은 M기(분열기)이고, (나)는 염색 분체가 분리되므로 체세포 분열 후기의 세포이다.

ㄴ. 체세포 분열 과정에서 세포의 핵상은 변하지 않는다.

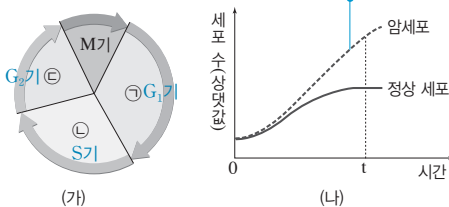
**바로알기** ㄱ. 염색 분체의 분리와 이동은 M기(분열기, ㉢)의 후기에 일어난다.

ㄷ. ㉠과 ㉡는 염색 분체이며, 염색 분체는 하나의 DNA가 복제되어 만들어진 것이다.

## 15 세포 주기와 암세포

### |자료 분석|

암세포는 정상 세포보다 세포 수가 빠르게 증가한다.  
 → 암세포는 정상 세포보다 세포 주기가 짧다.



### |선택지 분석|

- ☒ (가)의 M기에서 상동 염색체가 분리된다. 염색 분체  
☒ 암세포의 세포 주기에는 ㉠ 시기가 없다. 있다.  
☒ t일 때 세포 증식 속도는 암세포가 정상 세포보다 빠르다.

ㄷ. t에서 정상 세포의 수는 증가하지 않지만 암세포의 수는 증가하고 있으므로 암세포의 증식 속도가 정상 세포보다 빠르다.

**바로알기** ㄱ. 체세포 분열에서는 M기(분열기)에 염색 분체가 분리된다. 상동 염색체의 분리는 생식세포 분열에서 일어난다.

ㄴ. 세포가 분열하려면 반드시 DNA 복제가 일어나야 하므로 암세포의 세포 주기에도 DNA 복제가 일어나는 S기(㉠)가 있다.

## 16 체세포 분열 과정에서의 DNA양 변화

### |선택지 분석|

- ☒ 세포 1개당 R의 수는 구간 I의 세포와 세포 ㉡가 같다.  
 구간 I의 세포가 세포 ㉡의 절반이다.  
☒ 구간 II에서 핵상이  $2n$ 인 세포가 관찰된다.  
☒ 세포 ㉢에서 방추사가 형성되기 시작한다. 결합되어 있다.

(가)에서 구간 I은 DNA 복제 전이고, 구간 II는 DNA 복제 후이다. (나)에서 세포 ㉠은 분열기 중기의 세포이고, 세포 ㉡는 염색 분체가 분리되므로 후기의 세포이다.

ㄴ. 체세포 분열에서는 분열 전후에 세포의 핵상이 변하지 않는다. 따라서 구간 II에서 핵상이  $2n$ 인 세포가 관찰된다.

**바로알기** ㄱ. 세포 ㉡는 DNA 복제 후의 세포이므로 구간 I의 세포 1개당 R의 수는 세포 ㉡의 절반이다.

ㄷ. 세포 ㉠은 분열기 중기의 세포로 염색체에 방추사가 결합되어 있다. 방추사는 분열기 전기에 형성된다.

## 09 생식세포의 형성과 유전적 다양성

### 개념 확인 문제

본책 109쪽

1 (1)  $\times$  (2)  $\circ$  (3)  $\times$  (4)  $\times$  2 (1) (나) (2) (다) (3) (나) 3 (1)  $\times$  (2)  $\times$  (3)  $\times$  (4)  $\circ$  (5)  $\circ$  (6)  $\times$

- (1) 간기에 DNA가 복제된 후 감수 1분열이 일어난다.  
 (2) 감수 1분열 전기에 상동 염색체가 접합한 2가 염색체가 형성된다.  
 (3) 감수 1분열 말기에 핵분열과 세포질 분열이 완료되면 세포 1개의 염색체 수와 DNA양이 반감된 딸세포가 형성된다.  
 (4) 감수 2분열 후기에는 염색 분체가 분리된다. 생식세포 분열 과정에서 상동 염색체는 감수 1분열 후기에 분리된다.

2 (가)는 간기, (나)는 감수 1분열, (다)는 감수 2분열이다.

- 감수 1분열(나)에서 상동 염색체가 분리되어 핵상이  $2n$ 에서  $n$ 으로 감소한다.  
 (2) 염색 분체는 감수 2분열(다) 후기에 분리된다.  
 (3) 감수 1분열에서 상동 염색체가 세포 중앙에 무작위로 배열되었다가 독립적으로 분리된 결과 생식세포의 염색체 조합이 다양해진다.

3 (1) (가)는 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기의 세포이다.

- (가)와 (나)는 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상이  $2n$ 이고, (다)는 상동 염색체 중 하나씩만 있으므로 핵상이  $n$ 이다.  
 (3) (다)는 핵상이  $n$ 이고 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 감수 2분열 중기의 세포이다.  
 (4) DNA양은 염색 분체 가닥의 수에 비례한다. 따라서 (다)의 DNA양은 (가)의 반이다.  
 (5) (가)와 (나)는  $2n=4$ 이고, (다)는  $n=2$ 이다. (다)가 감수 2분열을 거쳐  $n=2$ 인 생식세포를 형성한다.  
 (6) 한 생물이 가지는 상동 염색체 쌍의 수를  $n$ 이라고 할 때, 이 생물에서 형성되는 생식세포의 염색체 조합은  $2^n$ 가지가 가능하다. 따라서 이 생물에서 형성될 수 있는 생식세포의 염색체 조합은  $2^2=4$ 가지이다.

### 수능 자료 마스터

본책 110쪽~111쪽

자료 A 1 ㉡

자료 B 2 ㉠

자료 C 3 ㉠

1 구간 I은 간기의  $G_1$ 기, 구간 II는 간기의  $G_2$ 기와 감수 1분열 전기~말기 일부에 해당한다.

ㄴ. 핵 속의 DNA는 히스톤 단백질과 결합한 상태로 존재하며, 분열 시에는 응축되어 막대 모양의 염색체로 나타난다. 따라서 간기와 분열기의 세포에는 히스톤 단백질이 있다.

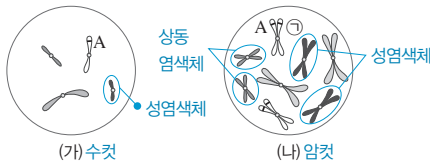
**바로알기** ㄱ. 방추사는 감수 1분열과 감수 2분열의 전기에 형성되므로 구간 II에서 나타난다.

ㄷ. ㉠과 ㉡은 염색 분체이며, 감수 2분열 후기에 분리된다.

**2** ㄱ. I의 세포 (가)는 상동 염색체 중 하나만 있으므로 핵상이  $n$ 인 생식세포이고 II의 세포 (나)는 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상이  $2n$ 인 체세포이다. 세포 (나)에는 모양과 크기가 같은 성염색체 XX가 있으므로 II는 암컷이며, (가)에는 (나)의 X 염색체와 모양과 크기가 다른 성염색체 Y가 있으므로 I은 수컷이다.

**바로알기** ㄴ. ㉠은 한 염색체를 구성하는 두 개의 염색 분체이므로 유전자 구성이 동일하다. 따라서 ㉠은 유전자 A이다.

ㄷ. II의 체세포 (나)는  $2n=8$ 이므로 4쌍의 상동 염색체가 존재한다. 2가 염색체는 상동 염색체가 접합한 것이므로 감수 1분열 후기 세포 1개당 2가 염색체 수는 4이다.



**3** ㄱ. ㉠은  $G_1$ 기의 세포가 DNA 복제를 거쳐 형성된 것이므로 DNA 상대량이 가장 많은 세포 ㉡이다. ㉠의 H와 t의 DNA 상대량이 모두 2이므로, ㉠은 H와 t의 DNA 상대량이 각각 1이다. 따라서 세포 ㉡가 ㉠이다. ㉢은 감수 1분열을 거쳐 상동 염색체가 분리된 것으로 각 염색체는 2개의 염색 분체로 구성된다. 따라서 세포 ㉡가 ㉢이며, 세포 ㉢가 ㉡이다.

**바로알기** ㄴ. ㉢은 감수 1분열을 거쳐 형성되므로 핵상이  $n$ 이고, 세포 ㉡(㉠)은  $G_1$ 기의 세포로 핵상이  $2n$ 이다.

ㄷ. 세포 ㉢은 ㉡이다. 감수 1분열 과정에서 상동 염색체가 분리되어 ㉢(세포 ㉡)에 유전자 H가 있으므로 ㉢에는 유전자 H가 없다. 따라서 세포 ㉢은 유전자 t만 가져 유전자 H의 DNA 상대량은 0, t의 DNA 상대량은 1이다.

## 수능 2점 다지기

본책 112쪽~113쪽

- 1 ④    2 ①    3 ④    4 ⑤    5 ④    6 ③  
7 ④    8 ③

### 1 생식세포 분열

#### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠에서 2가 염색체가 관찰된다.  
㉡ ㉡은 염색 분체가 분리되지 않은 상태이다.  
㉢ ㉢이 유전자 R를 가질 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.  $\frac{1}{2}$

ㄱ. ㉠은 하나의 세포가 분열 중이고 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기의 세포이다. 감수 1분열 전기에 형성된 2가 염색체는 감수 1분열 중기에 세포 중앙에 배열된다.

ㄴ. ㉠은 감수 1분열 후기의 세포로 상동 염색체가 분리된다. 염색 분체는 감수 2분열 후기에 분리된다.

**바로알기** ㄷ. 특정 형질의 유전자형이 Rr인 식물에서 형성되는 생식세포는 이 형질에 대한 유전자로 R 또는 r를 가진다. 따라서

㉢이 R를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

### 2 생식세포 분열 시 DNA양 변화

#### |자료 분석|

DNA 복제가 일어나는  
간기의 S기이다.

상동 염색체가  
분리된 이후이다.

방추사

2가 염색체로 감수  
1분열 전기~중기  
에만 관찰된다.

(가) 생식세포 분열

(나) 감수 1분열 후기

#### |선택지 분석|

- ㉠ (나)의 핵상은  $2n$ 이다.  
㉡ (나)의 방추사는 (가)의 구간 I에서 나타난다. 감수 1분열 전기  
㉢ (나)는 (가)의 구간 II에서 관찰된다. 감수 1분열 후기

(가)의 구간 I은 DNA양이 2에서 4로 증가하는 시기로, DNA 복제가 일어나는 간기의 S기이고, 구간 II는 감수 1분열 후로 상동 염색체가 분리된 상태이다.

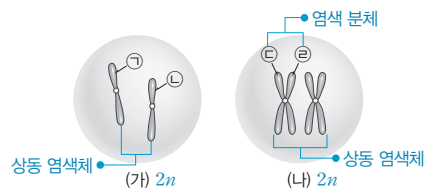
ㄱ. (나)는 상동 염색체가 접합한 2가 염색체가 관찰되므로 핵상이  $2n$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 방추사는 분열기 중 전기에 형성되므로 간기의 S기에 해당하는 구간 I에서는 나타나지 않는다.

ㄷ. 2가 염색체는 감수 1분열 전기~중기에 관찰된다. 따라서 구간 II에서는 2가 염색체가 관찰되지 않는다.

### 3 체세포 분열과 생식세포 분열에서의 염색체 변화

#### |자료 분석|



(나)는 간기에 복제되어 2개의 염색 분체로 구성된 염색체가 있으며, 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 감수 1분열의 세포이다.

#### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠과 ㉡은 상동 염색체이다.  
㉢ ㉢과 ㉣은 감수 1분열 시 서로 분리된다. 감수 2분열  
㉤ (가)와 (나)의 1번 염색체 수는 같다.

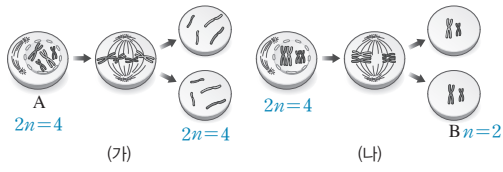
ㄱ. (가)에는 1번 염색체만을 나타냈고 ㉠과 ㉡은 모양과 크기가 같으므로 상동 염색체이다.

ㄷ. (가)에서 ㉠과 ㉡은 각각 하나의 염색체이므로 1번 염색체 수는 2이다. (나)는 DNA가 복제되어 각 염색체가 2개의 염색 분체로 구성된 것으로 1번 염색체 수는 2이다.

**바로알기** ㄴ. 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되고, 염색 분체인 ㉢과 ㉣은 감수 2분열에서 분리된다.

#### 4 체세포 분열과 생식세포 분열 과정

##### [자료 분석]



- (가) 상동 염색체가 쌍으로 있으며, 염색 분체가 분리되어 2개의 딸세포를 형성한다. → 체세포 분열
- (나) 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한 후 상동 염색체가 분리된다. → 감수 1분열

##### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 세포 분열은 몸의 여러 조직에서 일어난다.
- ㉡ A와 B의 세포 1개당  $\frac{\text{염색체 수}}{\text{DNA 상대량}}$ 는 같다.
- ㉢ (나)에서 상동 염색체의 접합이 일어난다.

㉠. 동물에서는 몸 전체의 여러 조직에서 체세포 분열이 일어나 조직을 재생하고 성장한다.

㉡. A의 핵상과 염색체 수는  $2n=4$ 이고, B의 핵상과 염색체 수는  $n=2$ 이다. A의 DNA 상대량이 2라면 B의 DNA 상대량은 1이다. 따라서 세포 1개당  $\frac{\text{염색체 수}}{\text{DNA 상대량}}$ 는 A는  $\frac{4}{2}=2$ 이고, B는  $\frac{2}{1}=2$ 이다.

㉢. (나)는 생식세포 분열 과정으로, 감수 1분열 전기에 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한 후 후기에 상동 염색체가 분리된다.

#### 5 체세포 분열과 생식세포 분열

##### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 핵상은  $n$ 이다.  $2n$
- ㉡ (가)에서는 2가 염색체가 관찰된다. (다)
- ㉢ (나)는 피부 세포가 분열할 때 관찰된다. (가)
- ㉣ (다)가 분열하여 형성되는 딸세포의 염색체 수는 (나)와 같다.
- ㉤ (다)가 분열하여 형성되는 딸세포는 유전자 구성이 모두 같다. (가)

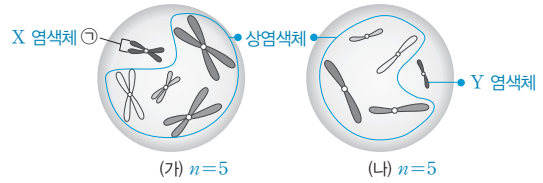
(가)는 모든 염색체가 세포 중앙에 나란히 배열되므로 체세포 분열 중기( $2n=4$ ), (나)는 상동 염색체가 없고 염색체가 세포 중앙에 배열되므로 감수 2분열 중기( $n=2$ ), (다)는 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되므로 감수 1분열 중기( $2n=4$ )의 세포이다.

㉣ (나)는 상동 염색체 중 하나씩만 존재하므로  $n=2$ 이다. (다)의 세포에서 분열이 더 진행되면 상동 염색체가 분리되어 염색체 수가 반감되므로 (다)의 분열 결과 형성되는 딸세포는 (나)와 같이 핵상과 염색체 수가  $n=2$ 이다.

- 바로알기** ① (가)는 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상은  $2n$ 이다.  
 ② 체세포 분열에서는 2가 염색체가 관찰되지 않는다. 2가 염색체는 감수 1분열 전기~중기에 관찰된다.  
 ③ 피부 세포는 체세포이다. (나)는 생식세포 형성 과정에서 관찰된다.  
 ⑤ 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되므로 (다)가 분열하여 형성되는 딸세포의 유전자 구성은 모두 같다고 할 수 없다.

#### 6 생식세포의 염색체 구성

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 성염색체이다.
- ㉡ A의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 20이다.
- ㉢ (가)로부터 형성된 생식세포와 (나)가 수정되어 자손이 태어날 때, 이 자손이 수컷일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 1

㉠. (가)와 (나)는 같은 종의 세포이며, (가)를 (나)와 비교하였을 때 ㉠과 크기와 모양이 같은 염색체가 없으므로 ㉠은 성염색체이다.

㉡. (가)의 체세포는  $2n=10$ 이며, 체세포 분열 중기의 세포는 하나의 염색체가 두 가닥의 염색 분체로 구성된다. 따라서 A의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는  $10 \times 2 = 20$ 이다.

**바로알기** ㉢. (나)는 Y 염색체가 있으므로 (나)와 수정하여 자손이 태어나면 모두 수컷이다.

#### 7 생식세포의 유전적 다양성

##### [선택지 분석]

- ㉠ A 과정에서 생식세포의 유전적 다양성이 증가한다.
- ㉡ B 과정에서 세포 1개당 염색체 수가 반으로 줄어든다. A 과정
- ㉢ 핵 1개당 DNA 상대량은 A와 B 과정에서 각각 반으로 줄어든다.

A는 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되는 과정, B는 감수 2분열에서 염색 분체가 분리되는 과정이다.

㉠. 상동 염색체가 무작위로 배열되었다가 A 과정에서 독립적으로 분리되어 유전적으로 다양한 생식세포가 형성된다.

㉢. 염색체 수는 감수 1분열에서만 반감되지만, DNA 상대량은 감수 1분열과 감수 2분열에서 각각 반으로 줄어든다.

**바로알기** ㉡. B 과정에서는 염색 분체가 분리되어 DNA 상대량은 반으로 줄어들이지만 염색체 수는 줄어들지 않는다.

#### 8 생식세포의 유전적 다양성

##### [선택지 분석]

- ㉠ 구간 I의 세포에서 염색 분체가 세포 중앙에 무작위로 배열되었다가 분리된다. 상동 염색체
- ㉡ 구간 II의 세포 1개에 대립유전자 A와 a가 모두 존재한다. A와 a 중 하나만
- ㉢ 이 동물의 생식세포 분열 결과 형성될 수 있는 생식세포의 염색체 조합은 4가지이다.  $2^2=4$

구간 I은 감수 1분열 중기, 구간 II는 감수 2분열 중기이다.

㉢. 동물의 핵상과 염색체 수는  $2n=4$ 이므로 생식세포 분열 결과 형성된 생식세포의 염색체 조합은  $2^2=4$ 가지이다.

**바로알기** ㉠. 감수 1분열에서는 중기(구간 I)에 상동 염색체가 세포 중앙에 무작위로 배열되었다가 후기에 독립적으로 분리되어 생식세포의 염색체 조합이 다양해진다.

ㄴ. 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되므로 구간 II(감수 2분열 중기)의 세포에 대립유전자 A와 a는 함께 존재하지 않는다.

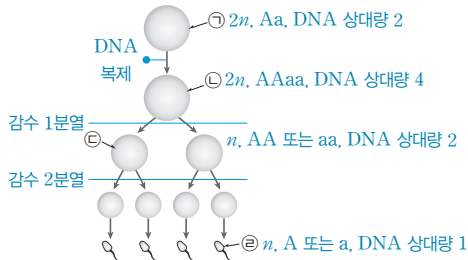
### 수능 3점 공부하기

본책 114쪽~115쪽

1 ①      2 ④      3 ②      4 ①      5 ③      6 ③  
7 ③      8 ④

## 1 생식세포 분열

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 세포 1개당 A의 DNA 양은 ㉡이 ㉠의 2배이다.
- ㉢ 세포 1개당 상염색체의 염색 분체 수는 ㉡이 ㉢의 4배이다. 2배
- ㉣ 세포 1개당 a의 수는 ㉡이 ㉣의 2배이다. ㉢과 ㉣ 중 하나는 0이다.

ㄱ. ㉡은 G<sub>1</sub>기의 세포 ㉠이 DNA 복제를 거쳐 형성된 것이다. 따라서 A의 DNA 상대량은 ㉡이 ㉠의 2배이다.

바로알기 ㄴ. 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되므로 염색체 수와 염색 분체 수는 모두 ㉡이 ㉢의 반이다.

ㄷ. 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되므로 ㉢은 유전자 A와 a 중 한 가지만 가진다. ㉢과 ㉣ 중 하나는 a의 수가 0이다.

## 2 생식세포 분열 시 DNA 양 변화

### [선택지 분석]

- ㉠ (나)는 t<sub>2</sub>에서 관찰된다.
- ㉢ t<sub>2</sub>에서 세포의 핵상은 t<sub>1</sub>의 세포와 같다.
- ㉣ 이 동물의 체세포 분열 중기 세포와 (나)는 핵 1개당 DNA 양 / 세포 1개당 염색체 수 이 같다.

(가)는 핵 1개당 DNA 양이 2회 반감되므로 생식세포 분열 과정의 DNA 양 변화이다. (가)의 t<sub>1</sub>은 감수 1분열, t<sub>2</sub>는 감수 2분열 중의 한 시기이다.

ㄱ. (나)는 염색 분체가 분리되므로 감수 2분열 후기의 세포이고, 이것은 t<sub>2</sub>에서 관찰된다.

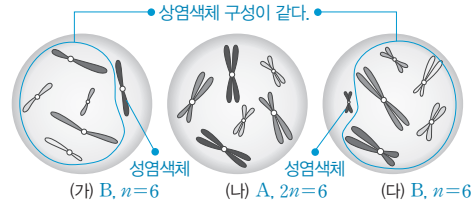
ㄷ. (나)의 핵상과 염색체 수는 n=2이고, 핵 1개당 DNA 양은 2이므로  $\frac{\text{핵 1개당 DNA 양}}{\text{세포 1개당 염색체 수}} = \frac{2}{2} = 1$ 이다. 이 동물의 체세포 분열 중기 세포는 핵상이 2n이므로 염색체 수는 4이고, 핵 1개당 DNA 양은 4이다. 따라서 체세포 분열 중기의 세포는

$$\frac{\text{핵 1개당 DNA 양}}{\text{세포 1개당 염색체 수}} = \frac{4}{4} = 1 \text{로 (나)와 같다.}$$

바로알기 ㄴ. 감수 1분열 중인 t<sub>1</sub> 시기 세포의 핵상은 2n이지만, 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되면서 염색체 수가 반감되므로 감수 2분열에 해당하는 t<sub>2</sub> 시기 세포의 핵상은 n이다.

## 3 체세포와 생식세포의 염색체 구성

### [자료 분석]



- (가)와 (다)는 n=6으로 이 세포를 가진 개체의 체세포는 2n=12이다. 따라서 (가)와 (다)는 개체 B의 세포이다.
- (나)는 2n=6으로 개체 A의 세포이다.

### [선택지 분석]

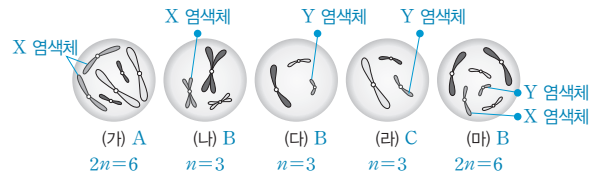
- ㉠ (가)는 A의 세포이다. B
- ㉡ B는 수컷이다.
- ㉢ B의 감수 1분열 중기 세포 1개당 염색 분체 수는 12이다. 24

ㄴ. (가)와 (다)는 2n=12인 개체 B의 세포인데, 모양과 크기가 다른 염색체가 하나씩 있다. 이것은 성염색체로, 한 개체의 세포 (가)와 (다)가 성염색체를 다르게 가지므로 개체 B의 성염색체는 XY이고, 수컷이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 n=6이므로 2n=12인 개체 B의 생식세포이다. ㄷ. 개체 B의 체세포는 2n=12이고, 감수 1분열 중기는 DNA가 복제된 상태이므로 세포 1개당 염색 분체 수는 12×2=24이다.

## 4 체세포와 생식세포의 염색체 구성

### [자료 분석]



- (가)는 A의 세포이고, 1쌍의 성염색체가 크기와 모양이 같으므로 암컷이다.
- (다), (마)에는 (나)와 크기와 모양이 같은 염색체가 있다. → (나)가 B의 세포이므로 (다), (마)도 B의 세포이다.
- (라)는 C의 세포이며, (가)와 같은 종이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)와 (라)는 같은 종의 세포이다.
- ㉢ B와 C는 성이 다르다. 같다.
- ㉣ (라)는 B의 세포이다. C

ㄱ. (가)와 (마)의 염색체는 크기와 모양이 다르므로 A와 B는 서로 다른 종이다. 그런데 (가)와 (라)는 개체 A와 C로 다르지만, (가)의 두 쌍의 염색체와 (라)의 2개의 염색체가 각각 크기와 모양이 같으므로 같은 종이다. (가)와 (라)에서 크기와 모양이 다른 염색체는 성염색체이다. (가)는 성염색체 구성이 XX이므로 A는 암컷이고, (라)는 Y 염색체가 있으므로 C는 수컷이다.

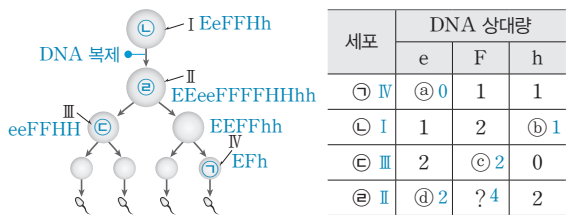
바로알기 ㄴ. B의 세포 (마)에는 두 쌍의 상염색체 및 모양과 크기가 다른 한 쌍의 성염색체(XY)가 있으므로 B는 수컷이다. 따라서 B와 C는 수컷으로 성이 같다.

ㄷ. (라)는 C의 생식세포이다.



## 5 생식세포 분열 시 대립유전자의 DNA 상대량 변화

### [자료 분석]



- I의 유전자형은 EeFFHh이므로 e, F, h의 DNA 상대량은 1, 2, 1이다. → ①
- II는 I이 DNA 복제 과정을 거쳐 형성되므로, e, F, h의 DNA 상대량은 2배가 되어 2, 4, 2이다. → ②
- III은 감수 1분열로 상동 염색체가 분리되어 생성된다. 염색 분체는 붙어 있으므로 DNA 상대량이 2이다. → ③
- IV는 감수 2분열로 염색 분체가 분리되므로 특정 유전자의 DNA 상대량은 1 또는 0이다. 또, III에 e가 있고 h가 없으므로 IV에는 e가 없고 F와 h가 있을 것이다. → ④

### [선택지 분석]

☒ ㉔은 III이다. II

☒ ㉕은 ③+④+⑤+⑥=4이다. 0+1+2+2=5

④ IV에서 세포 1개당  $\frac{F \text{의 DNA 상대량}}{E \text{의 DNA 상대량} + H \text{의 DNA 상대량}}$ 은 1이다.  $\frac{1}{1+0}=1$

㉔. 감수 1분열 결과 III(③)으로 유전자 e가 있는 염색체가 이동하였으므로 IV의 모세포로 유전자 E가 있는 염색체가 이동하였을 것이다. 따라서 IV(④)에는 유전자 e가 없고(㉕=0) 유전자 E가 있으며 E의 DNA 상대량은 1이다. 또한 IV(④)에는 유전자 h는 있으므로 H가 없다. 따라서 IV에서 세포 1개당

$$\frac{F \text{의 DNA 상대량}}{E \text{의 DNA 상대량} + H \text{의 DNA 상대량}} = \frac{1}{1+0} = 1 \text{이다.}$$

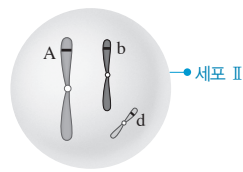
**바로알기** ㉔. ③은 II이다.

㉕. II에 FFFF가 있어 감수 1분열로 형성된 III에 FF가 있다. 따라서 ㉕은 2이고, ㉕+㉖+㉗+㉘=0+1+2+2=5이다.

## 6 생식세포 분열 시 대립유전자의 DNA 상대량 변화

### [자료 분석]

세포	①	②	③	④
I	0	? 0	2	? 0
II	1	1	0	1
III	2	2	2	2



- 3쌍의 대립유전자 중 ①~④의 4개 유전자가 있으므로 그 중 한 쌍은 대립유전자이다. 세포 III은 대립유전자가 쌍으로 있으므로 핵상이 2n이고 감수 1분열 중기의 세포이다.
- 세포 I은 ③의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열 중기 세포이며 핵상은 n이다.
- 세포 II는 핵상이 n이고 염색 분체가 분리되어 형성된 세포이므로 그림에 제시된 세포이다. → ①, ②, ③은 각각 A, b, d 중 하나이다.

### [선택지 분석]

☒ ㉔과 ㉕은 대립유전자이다. 대립유전자가 아니다.

☒ I의 세포 분열이 완료되면 II가 형성된다. 세포 I이 분열하여 세포 II가 되지 않는다.

③ III의 세포 1개당 염색 분체 수는 12이다.

㉔. 세포 II가 n=3이므로 이 동물의 체세포는 2n=6이다. III은 DNA가 복제된 후인 감수 1분열 중기의 세포이므로 세포 1개당 염색 분체 수는 6×2=12이다.

**바로알기** ㉔. 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되므로, 핵상이 n인 세포 I과 II에는 대립유전자가 함께 있지 않다. 따라서 ㉔과 ㉕은 대립유전자가 아니다.

㉕. 세포 I에는 유전자 ㉕이 있지만 세포 II에는 없으므로 세포 I이 분열하여 세포 II가 된 것이 아니다.

## 7 생식세포 분열 시 대립유전자의 DNA 상대량 변화

### [선택지 분석]

☒ ㉔은 ③과 대립유전자이다.

☒ ㉕ (가)와 (다)의 염색 분체 수는 같다.

☒ 세포 1개당  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (라)가 (나)의 2배이다. (라)와 (나)가 같다.

(가)~(다)는 n=3이고, (라)는 2n=6이다.

㉔. 분열 과정에서 하나의 세포에서는 한 형질을 결정하는 대립유전자의 DNA 상대량 합이 1, 2, 4는 될 수 있지만, 3은 될 수 없다. 따라서 ㉔과 ㉕, ㉖과 ㉗이 각각 대립유전자이다.

㉕. (가)에는 대립유전자 ㉖과 ㉗이 모두 없으므로 ㉖과 ㉗은 X 염색체에 있는 유전자이고, (가)에는 Y 염색체만 있다. 따라서 개체 I은 수컷이다. (가)는 유전자 ㉕만 가지며 ㉕의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열 중기 세포이다. (가)의 핵상은 n이고, 염색체 수는 3이므로 염색 분체 수는 6이다. (다)는 X 염색체에 있는 유전자 ㉕의 DNA 상대량이 2인데 수컷인 개체 I에서도 형성될 수 있으므로 X 염색체가 있는 감수 2분열 중기 세포이다. (다)의 핵상은 n이고, 염색체 수는 3이므로 염색 분체 수는 6이다.

**바로알기** ㉕. (나)는 대립유전자 ㉖과 ㉗의 DNA 상대량이 각각 1이므로 핵상이 n이고, 염색체 수는 3이다. X 염색체에 있는 유전자 ㉕의 DNA 상대량이 1이므로 상염색체 2개와 ㉕이 있는 X 염색체 1개가 있다. (라)는 대립유전자 ㉖과 ㉗이 모두 있으므로 핵상이 2n이고, 염색체 수가 6이다. X 염색체에 있는 유전자 ㉕의 DNA 상대량이 2이므로 상염색체 4개와 ㉕이 있는 X 염색체 2개가 있다. 따라서 세포 1개당  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (나)  $\frac{1}{2}$ , (라)  $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 로 같다.

## 8 생식세포의 유전적 다양성

### [선택지 분석]

☒ 생식세포의 유전자 구성은 (가)는 AB이고, (나)는 ab이다.

☒ 감수 1분열에서 각 상동 염색체의 배열에 따라 생식세포의 유전자 구성이 달라진다.

☒ 모세포 하나에서 유전자 구성이 (나)와 (다)인 생식세포가 동시에 형성될 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 0이다.

㉔. ㉕. 한 개체에서 형성되는 생식세포는 감수 1분열에서 상동 염색체의 배열과 분리에 따라 유전자 구성이 달라질 수 있다. (가)의 유전자 구성은 AB이고, (나)의 유전자 구성은 ab이다.

**바로알기** ㉕. (나)의 유전자 구성은 ab이고, (다)의 유전자 구성은 Ab이다. 감수 1분열에서 상동 염색체가 무작위로 배열되었다가 독립적으로 분리된다. 모세포에서 상동 염색체 쌍이 분리되면 (나), (다)와 같이 같은 유전자를 가진 생식세포는 동시에 형성될 수 없다.

# 10 사람의 유전

## 개념 확인 문제

본책 117쪽, 119쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○      2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○  
 3 (1) (가)  $I^A i$  (나)  $I^B i$  (다)  $I^A i$  (2) A형, O형      4 (1) × (2) × (3) ○      5 ㉠ X, ㉡ 열성, ㉢ 남자, ㉣ 반성      6 (1) 2:  $X^R X^r$ , 4:  $X^R X^r$  (2) 25 %      7 L

1 (1) 사람은 인위적인 교배가 불가능하다.  
 (2) 사람은 한 세대가 길어 연구자가 여러 세대를 관찰할 수 없어 유전 연구가 어렵다.  
 (3) 염색체 구조나 수의 이상은 염색체 연구로 알 수 있다.  
 (4) 1란성 쌍둥이는 유전자 구성이 동일하므로 1란성 쌍둥이 사이에서 나타나는 형질의 차이는 유전적 차이에 의한 것이 아니라 환경의 영향에 의한 것이다.

2 (1) 컹불 모양은 한 쌍의 대립유전자에 의해 결정되므로 단일 인자 유전 형질이다.  
 (2) 분리형 컹불을 가진 부모님 사이에서 부착형 컹불을 가진 철수가 태어났으므로 분리형 컹불이 우성 형질이고, 부착형 컹불이 열성 형질이다.  
 (3) 철수가 열성 형질인 부착형 컹불을 가지므로 철수의 부모님은 모두 부착형 대립유전자를 가진다.  
 (4) 컹불 모양 유전자는 상염색체에 있으므로 이론적으로 형질이 나타나는 빈도는 남녀에서 같다.

3 (1) A형과 B형인 부모에게서 B형과 A형인 자손이 태어났으므로 부모와 자손은 모두 열성 대립유전자  $i$ 를 가진다. 따라서 ABO식 혈액형 유전자형은 (가)  $I^A i$ , (나)  $I^B i$ , (다)  $I^A i$ 이다.  
 (2)  $I^A i \times ii \rightarrow I^A i, I^A i, ii, ii$ 이므로 (다)와 O형인 남자 사이에서 태어나는 자녀의 ABO식 혈액형은 A형 또는 O형이다.

4 (1) 난자는 모두 성염색체로 X 염색체를 가지므로, 정자가 가진 성염색체에 따라 사람의 성이 결정된다.  
 (2) 생식세포에는 22개의 상염색체와 1개의 성염색체가 있다.  
 (3) 성염색체 구성이 XX이면 여자, XY이면 남자이다.

5 적록 색맹 대립유전자는 X 염색체에 있으며 열성으로 유전되어 적록 색맹은 여자보다 남자에서 더 많이 나타난다.

6 (1) 아들(3)이 적록 색맹이므로 2는 보인자( $X^R X^r$ )이다. 4는 아버지(1)에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받았으므로 보인자( $X^R X^r$ )이다.  
 (2)  $X^r Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^r, X^r X^r, X^R Y, X^r Y$ 이므로, 아이가 적록 색맹인 딸일 확률은 25 %이다.

7 ㄱ, ㄷ. 다인자 유전은 여러 쌍의 대립유전자가 형질 발현에 관여하여 대립 형질이 우성과 열성으로 뚜렷하게 구분되지 않는다.  
 ㄴ. 다인자 유전 형질은 표현형이 다양해 연속적인 변이로 나타난다.

## 수능 자료 마스터

본책 121쪽~122쪽

자료 ㉠ 1 ㉡

자료 ㉢ 2 ㉣

자료 ㉤ 3 ㉥

1 2의 부모는 모두 정상인데 딸인 2에서 유전병이 나타났으므로 유전병 유전자는 상염색체에 있으며, 정상이 우성 형질, 유전병이 열성 형질이고, A는 정상 대립유전자,  $A^*$ 는 유전병 대립유전자이다.

ㄴ. 유전병 대립유전자  $A^*$ 는 열성이므로 자손에게 유전병이 나타났다면 부모는 정상이라도 모두 유전병 대립유전자  $A^*$ 를 가진다.  
 ㄷ.  $AA^* \times AA^* \rightarrow AA, AA^*, AA^*, A^*A^*$ 이므로 2의 동생이 태어날 때 이 아이가 유전병을 가질 확률은  $\frac{1}{4}$ ,  $A^*A^* \times AA^* \rightarrow AA^*, AA^*, A^*A^*, A^*A^*$ 이므로 3의 동생이 태어날 때 이 아이가 유전병을 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 두 아이가 모두 유전병을 가질 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이므로 12.5 %이다.

바로알기 ㄱ. 1의 상염색체에 A가 있다.

2 5는 대립유전자  $A^*$ 의 DNA 상대량이 2이고 유전병 ㉠을 나타내므로 A는 정상 대립유전자,  $A^*$ 는 유전병 ㉠ 대립유전자이다. 4는 대립유전자  $A^*$ 의 DNA 상대량이 5의 반인데도 유전병이 나타나므로 유전병 유전자는 X 염색체에 있다.

ㄱ. 1은 유전병이 나타나므로 유전병 ㉠ 대립유전자  $A^*$ 를 가지며, 2는 아들인 4와 딸인 5가 유전병을 나타내므로  $A^*$ 를 가진다.  
 ㄴ. 2는 대립유전자 A와  $A^*$ 를 모두 가지는데 정상이므로, 정상은 우성 형질, 유전병 ㉠은 열성 형질이다. 따라서 여자는 유전병 ㉠ 대립유전자를 2개 가져야 유전병이 나타나지만, 남자는 유전병 ㉠ 대립유전자를 1개만 가져도 유전병이 나타나므로 유전병 ㉠은 여자보다 남자에서 더 많이 나타난다.

바로알기 ㄷ.  $X^{A^*} X^{A^*} \times X^A Y \rightarrow X^A X^{A^*}, X^{A^*} X^{A^*}, X^{A^*} Y, X^{A^*} Y$ 이므로 이들 사이에서 태어난 아이가 유전병인 딸일 확률은 0 %이다.

3 ㄴ. (가)가 발현되는 부모 사이에서 정상인 딸 3이 태어났으므로 (가)의 대립유전자는 상염색체에 있고 우성이다. (나)가 발현되지 않는 부모 사이에서 (나)가 발현되는 딸 2가 태어났으므로 (나)의 대립유전자는 상염색체에 있고 열성이다. 따라서 (가)를 결정하는 대립유전자는 (가) 발현 대립유전자 A와 정상 대립유전자  $A^*$ , (나)를 결정하는 대립유전자는 정상 대립유전자 B와 (나) 발현 대립유전자  $B^*$ 라고 표시할 때 2와 3의 부모의 유전자형은 각각  $AA^*BB^*$ 이다. 따라서 3의 동생이 태어날 때 이 아이에게서 (가)가 발현될 확률은  $AA^* \times AA^* \rightarrow AA, AA^*, AA^*, A^*A^*$ 이므로  $\frac{3}{4}$ 이고, (나)가 발현될 확률은  $BB^* \times BB^* \rightarrow BB, BB^*, BB^*, B^*B^*$ 이므로  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)가 모두 발현될 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 우성 형질이므로 정상인 1에서 (가)에 대한 유전자형은 열성 동형 접합성이다.

ㄷ. ①의 유전자형은  $A^*A^*B^*B^*$ 이고, 2의 유전자형은  $AA^*B^*B^*$ 이다. ①과 2 사이에서 아이가 태어날 때  $A^*A^* \times AA^* \rightarrow AA^*$ ,  $AA^*$ ,  $A^*A^*$ ,  $A^*A^*$ 이므로 유전자형이  $A^*A^*$ 일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고,  $B^*B^* \times B^*B^* \rightarrow B^*B^*$ ,  $B^*B^*$ ,  $B^*B^*$ ,  $B^*B^*$ 이므로 유전자형이  $B^*B^*$ 일 확률은 1이다. 따라서 아이가 ①과 같은 유전자형을 가질 확률은  $\frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$ 이다.

## 수능 2점 다지기

본책 123쪽~124쪽

- 1 ③    2 ②    3 ⑤    4 ④    5 ①    6 ③  
7 ②    8 ⑤    9 ⑤

## 1 사람의 유전 연구 방법

### [자료 분석]

사람은 자손의 수가 적어 통계 처리하기가 간단해.

가계도 조사로 사람의 형질 발현에 영향을 주는 요인을 알 수 있어.

사람은 한 세대가 길어 유전 결과를 짧은 시간 안에 확인할 수 없어.

통계 처리하기 어려워.

쌍둥이 연구

A    B    C

### [선택지 분석]

- ☒ A    ☒ B    ☒ C    ☒ A, C    ☒ B, C

C. 한 세대가 길면 유전 결과를 확인하는 데 시간이 오래 걸리고, 한 연구자가 지속적으로 연구하기 어렵다.

바로알기 A. 자손의 수가 적으면 통계 처리가 어렵고, 통계의 신뢰성이 낮아 일반화하기 어렵다.

B. 가계도 조사를 통해 특정 형질의 유전 방식을 알아낼 수 있다.

## 2 쌍둥이 연구

### [선택지 분석]

- ☒ A와 B는 2관성 쌍둥이이다. 1관성 쌍둥이
- ☒ A와 B는 성별이 다를 수 있다. 같다.
- ☒ A와 B가 성인이 되어 나타나는 형질의 차이는 유전적 차이보다 환경의 영향에 의한 것이다.

하나의 수정란이 둘로 나누어져 각각 착상하여 발생하였으므로 A와 B는 유전자 구성이 동일한 1관성 쌍둥이이다.

ㄷ. 1관성 쌍둥이는 유전적으로 동일하므로 성별, 혈액형 등의 유전 형질이 같으며, 형질의 차이는 환경의 영향에 의해 나타난다.

바로알기 ㄱ. 1관성 쌍둥이의 형성 과정을 나타낸 것이다.

ㄴ. A와 B는 유전자 구성이 같으므로 성별이 같다.

## 3 상염색체에 의한 유전 형질의 특성 분석

### [선택지 분석]

- ☒ 유전병 ①은 우성 형질이다. 열성
- ☒ 부모님은 유전병 ① 대립유전자를 가진다.
- ☒ 유전병 ①의 대립유전자는 상염색체에 있다.

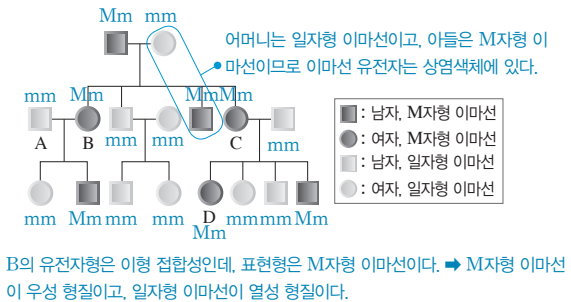
ㄴ. 부모님은 유전병을 나타내지 않지만 여동생은 유전병 ①을 나타내므로 유전병 ①은 열성 형질이며, 부모님은 모두 유전병 ① 대립유전자를 가진다.

ㄷ. 유전병 ①의 대립유전자가 X 염색체에 있다면, 아버지에서 유전병 ①이 나타나지 않았으므로 딸인 여동생에서도 유전병 ①이 나타나지 않아야 한다.

바로알기 ㄱ. 유전병 ①은 열성 형질이다.

## 4 상염색체 유전 가계도 분석

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ☒ 이마선 유전자는 X 염색체 상에 있다. 상염색체
- ☒ B, C, D의 이마선 유전자형은 모두 동일하다.
- ☒ A와 B 사이에서 셋째 아이가 태어날 때, 이 아이가 M자형 이마선을 가진 여자일 확률은 25%이다.

ㄴ. B와 C는 자손에서 일자형 이마선이 나타났으므로 일자형 이마선 대립유전자를 가지며, D는 아버지에게서 일자형 이마선 대립유전자를 물려받았다. 따라서 M자형 이마선 대립유전자를 M, 일자형 이마선 대립유전자를 m이라고 표시할 때, B, C, D의 유전자형은 모두 Mm으로 같다.

ㄷ.  $mm \times Mm \rightarrow Mm, Mm, mm, mm$ 이므로 M자형 이마선을 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ , 여자일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 셋째 아이가 M자형 이마선을 가진 여자일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 100 = 25(\%)$ 이다.

바로알기 ㄱ. 이마선 유전자가 X 염색체에 있을 경우 어머니가 일자형 이마선을 가지면 아들도 일자형 이마선을 가져야 한다.

## 5 ABO식 혈액형 유전 가계도 분석

### [선택지 분석]

- ☒ 1의 혈장에는 응집소  $\alpha$ 와  $\beta$ 가 있다. 2
- ☒ 3은 ABO식 혈액형 열성 대립유전자를 가진다.
- ☒ 4의 동생이 태어날 때, 이 아이가 O형일 확률은 25%이다. 0%

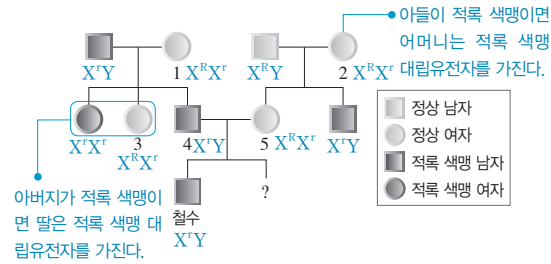
ㄴ. 1~4의 혈액형이 모두 다르므로 1과 2는 각각 AB형과 O형 중 하나인데 2의 ABO식 혈액형 유전자형이 동형 접합성이므로 1은 AB형, 2는 O형이다. 3과 4는 2에게서 열성 대립유전자  $i$ 를 물려받아 유전자형이 각각  $I^A i$ ,  $I^B i$ 이다.

바로알기 ㄱ. AB형인 사람의 혈장에는 응집소가 없고, 적혈구에 응집원 A, B가 있다. 반면에 O형인 사람의 혈장에는 응집소  $\alpha$ 와  $\beta$ 가 있고, 적혈구에 응집원이 없다.

ㄷ.  $I^A I^B \times ii \rightarrow I^A i, I^A i, I^B i, I^B i$ 로 4의 동생이 태어날 때, 이 아에게서 O형이 나타날 수 없다.

## 6 적록 색맹 유전 가계도 분석

## 자료 분석



## |선택지 분석|

- ☒ 1과 2는 모두 보인자이다.  
☐ 3은 아버지에게서 정상 대립유전자를 물려받았다. 어머니  
☒ 철수의 동생이 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹인 여자일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

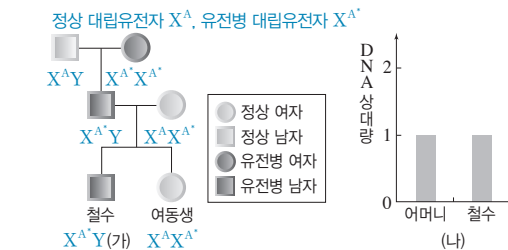
7. 적록 색맹은 유전자  $X$  염색체에 있으며, 열성 형질이다. 1, 2, 5는 모두 적록 색맹인 아들이 있으므로 적록 색맹 대립유전자를 가지는 보인자이다.

$\tau: X^r Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^r, \underline{X^r X^r}, X^R Y, X^r Y$ 이므로 철수의 동생이 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹인 여자일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

**바르말기** ㄴ. 3의 아버지는 적록 색맹이므로 3은 아버지에게서 적록 색맹 대립유전자를, 어머니에게서 정상 대립유전자를 물려받았다.

## 7 성염색체 유전 가계도 분석

## 자료 분석



- 어머니와 철수는 유전병 대립유전자의 DNA 상대량은 같은데 표현형이 다르다. ➡ 유전병 유전자는 X 염색체에 있다.
- 남자인 철수는 유전병이 나타났지만, 여자인 어머니는 정상이다. ➡ 유전병은 정상에 대해 열성이다.

## |선택지 분석|

- ✕ 철수는 유전병 대립유전자를 아버지에게서 물려받았다. 어머니
- ① 여동생의 유전병 대립유전자의 DNA 상대량은 아버지와 같다.
- ✕ 철수의 유전병 대립유전자는 아들과 딸에게 모두 유전될 수 있다. 아들에게는 유전될 수 없다.

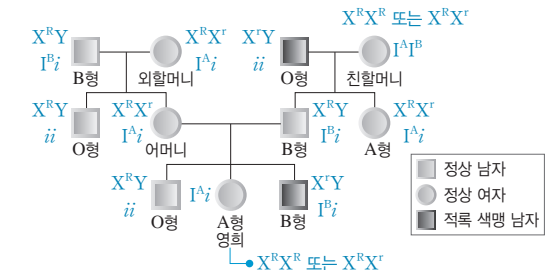
나. 여동생은 정상이지만 아버지에게서 유전병 대립유전자를 물려받았으므로 여동생의 유전병 대립유전자의 DNA 상대량은 1로 아버지와 같다.

**바로알기** ㄱ. 아들은 X 염색체를 어머니에게서 물려받는다. 따라서 철수는 어머니에게서 X 염색체에 있는 유전병 대립유전자를 물려받았다.

ㄷ. 유전병 대립유전자는 X 염색체에 있으므로 철수의 유전병 대립유전자는 딸에게만 유전된다.

## 8 ABO식 혈액형과 적록 색맹 유전 가계도 분석

## —자료 분석—



- ABO식 혈액형 유전자는 상염색체에 있고, 적록 색맹 유전자는 X 염색체에 있다. ➡ ABO식 혈액형과 적록 색맹은 독립적으로 유전된다.
- 영희 남동생의 적록 색맹 대립유전자는 외할머니에게서 어머니를 거쳐 유전되었다.

## |선택지 분석|

- ☐ 친할머니는 AB형이다.  
☒ 외할머니와 어머니는 모두 A형이며, 적록 색맹 보인자이다.  
☐ 영희의 여동생이 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹 대립유전자를 가질 확률은 50 %이다.

7. 친할아버지의 ABO식 혈액형이 O형, 아버지의 ABO식 혈액형이 B형, 고모의 ABO식 혈액형이 A형이므로 친할머니의 ABO식 혈액형은 AB형이다.

나. 아버지(B형)와 어머니 사이에서 태어난 자손 중 A형과 O형이 있으므로 어머니의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 이다. 어머니의 대립유전자  $I^A$ 는 외할머니에게서 물려받은 것이며, 외삼촌이 O형이므로 외할머니도 열성 대립유전자  $i$ 를 가져 외할머니의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 이다. 또한, 영희 남동생의 적록색맹 대립유전자는 외할머니에게서 어머니를 거쳐 물려받은 것이다. 외할머니와 어머니는 모두 적록색맹 보인자이다.

$\square$ .  $X^R X^r \times X^R Y \rightarrow X^R X^R$ ,  $X^R X^r$ ,  $X^R Y$ ,  $X^r Y$ 이므로 여동생  
 이 적록 색맹 대립유전자를 가질 확률은  $\frac{1}{2} \times 100 = 50(\%)$ 이다.

## 9 단일 인자 유전과 다인자 유전

## |선택지 분석|

- ① (가)는 환경의 영향을 많이 받는 형질이다. (나)
- ② (가)는 대립 형질이 뚜렷하게 구분되지 않는다. 뚜렷하게 구분된다.
- ③ (나)는 복대립 유전 형질이다. 다인자 유전
- ④ (나)는 형질이 불연속적인 변이로 나타난다. 연속적인 변이
- ⑤ (나)는 (가)보다 형질을 결정하는 대립유전자 쌍이 많다.

⑤ (나)는 형질이 다양하여 연속적인 변이로 나타나므로 여러 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 다인자 유전 형질이고, (가)는 대립 형질이 뚜렷하여 불연속적인 변이로 나타나므로 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 단일 인자 유전 형질이다.

**바로알기** ① 단일 인자 유전과 다인자 유전 중 환경의 영향을 많이 받는 것은 다인자 유전이다.

② 여러 개의 유전자에 의해 형질이 결정되므로 표현형이 다양하여 대립 형질이 뚜렷하게 구분되지 않는 것은 다인자 유전의 특징이다.

③ 다인자 유전(나)은 여러 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정된다. 복대립 유전은 1쌍의 대립유전자가 하나의 형질을 결정하지만 대립유전자의 종류가 3가지 이상인 경우이다.

④ (나)는 형질이 연속적인 변이로 나타난다.





## 5 ABO식 혈액형과 유전병 유전의 특성 분석

### [선택지 분석]

- ㉠ 유전병 ㉠은 열성 형질이다.  
 ㉡ 어머니는 유전병 ㉠ 대립유전자를 가지고 있다.  
 ㉢ 철수의 동생이 태어날 때, 이 아이가 AB형이고 유전병 ㉠인 여자일 확률은  $\frac{1}{32}$ 이다.  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$

ㄱ, ㄴ, 정상인 부모 사이에서 유전병 ㉠인 철수가 태어났으므로 유전병 ㉠은 열성이며, 아버지와 어머니는 모두 유전병 ㉠ 대립유전자를 가지고 있다.

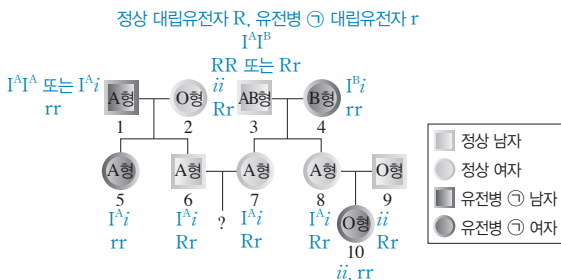
ㄷ, 누나의 ABO식 혈액형은 O형이므로 아버지와 어머니의 ABO식 혈액형 유전자형은 각각  $I^B i$ ,  $I^A i$ 이다.  $I^B i \times I^A i \rightarrow I^A i$ ,  $I^B i$ ,  $I^A i$ ,  $ii$ 이므로 철수의 동생이 AB형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이고, 정상

대립유전자를 R, 유전병 ㉠ 대립유전자를 r라고 표시하면  $Rr \times Rr \rightarrow RR, Rr, Rr, rr$ 이므로 철수의 동생이 유전병 ㉠일 확률은  $\frac{1}{4}$ , 여자일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 철수의 동생이 태어날 때,

이 아이가 AB형이고 유전병 ㉠인 여자일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{32}$ 이다.

## 6 ABO식 혈액형과 유전병 유전 가계도 분석

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ 3과 4 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형일 확률이 B형일 확률보다 높다. 낮다.  
 ㉡ 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형이고 유전병 ㉠을 나타낼 확률은  $\frac{3}{16}$ 이다.  
 ✕ 8이 유전병 ㉠ 대립유전자를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 1

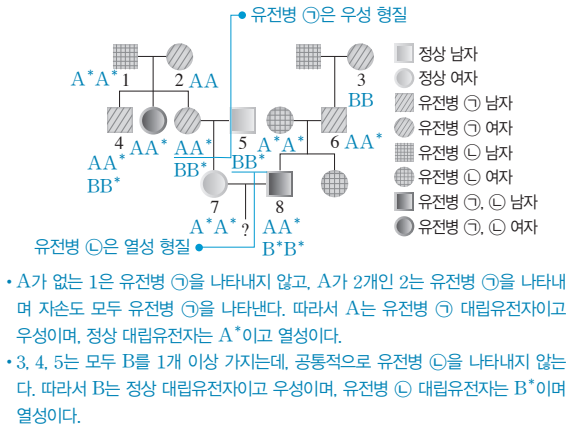
ㄴ, 6과 7 사이에서 태어나는 아이가 A형일 확률은  $I^A i \times I^A i \rightarrow I^A I^A, I^A i, I^A i, ii$ 이므로  $\frac{3}{4}$ 이다. 또 6과 7은 각각 1과 4에게서 유전병 ㉠ 대립유전자를 물려받았다. 정상 대립유전자를 R, 유전병 ㉠ 대립유전자를 r라고 표시하면  $Rr \times Rr \rightarrow RR, Rr, Rr, rr$ 이므로 6과 7 사이에서 태어나는 아이가 유전병 ㉠일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 아이가 A형이고 유전병 ㉠을 나타낼 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

바로알기 ㄱ.  $I^A I^B \times I^B i \rightarrow I^A i, I^B I^B, I^B i, I^A I^B$ 이므로 3과 4 사이에서 태어난 아이가 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$ , B형일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

ㄷ, 유전병 ㉠은 정상에 대해 열성이며 상염색체에 유전자가 있다. 8은 정상이지만 딸인 10이 유전병 ㉠을 나타내므로 8은 유전병 ㉠ 대립유전자를 가진다.

## 7 두 가지 상염색체 유전 형질에 대한 가계도 분석

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 우성 형질이다.  
 ㉡ B와 B\*는 상염색체에 존재한다.  
 ㉢ 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 ㉡이 모두 나타날 확률은  $\frac{1}{6}$ 이다.

ㄱ, 2는 A를 2개 가지며 유전병 ㉠을 나타내므로 A는 유전병 ㉠ 대립유전자이고, A\*는 정상 대립유전자이다. A\*만 있는 1과 A만 2개인 2 사이에서 태어난 자손은 모두 유전병 ㉠을 나타내므로 유전병 ㉠은 우성 형질이다. 유전병 ㉠인 남자 6의 딸이 우성 형질인 유전병 ㉠을 나타내지 않으므로 A와 A\*는 상염색체에 있다.

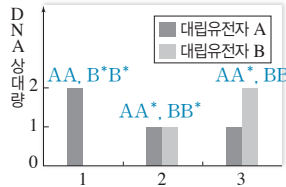
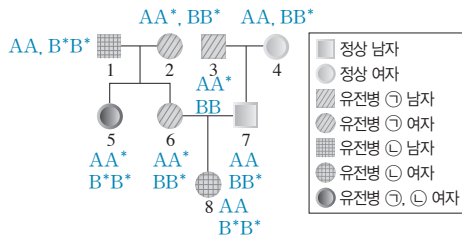
ㄴ, ㉡은 정상 대립유전자 B가 우성, 유전병 ㉡ 대립유전자 B\*가 열성이다. 유전병 ㉡을 나타내지 않는 남자 6의 딸이 유전병 ㉡을 나타내므로 B와 B\*는 상염색체에 있다. 만일 B가 X 염색체에 있다면 딸은 아버지의 우성 대립유전자 B를 물려받아 정상이어야 한다.

ㄷ, 7은 유전병 ㉠을 나타내지 않으므로 유전자형이 A\* A\*이고, 8은 어머니에게서 정상 대립유전자 A\*를 물려받아 유전자형이 AA\*이다.  $A^* A^* \times AA^* \rightarrow AA^*, AA^*, A^* A^*, A^* A^*$ 이므로 이들 사이에서 태어나는 아이에서 유전병 ㉠이 나타날 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 또한, 정상인 7이 어머니에게서 유전병 ㉡ 대립유전자

B\*를 물려받아 유전자형이 BB\*일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이고, 8은 유전병 ㉡을 나타내므로 유전자형이 B\*B\*이다.  $BB^* \times B^* B^* \rightarrow BB^*, BB^*, B^* B^*, B^* B^*$ 이므로 이들 사이에서 태어나는 아이에게서 유전병 ㉡이 나타날 확률은  $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 아이가 유전병 ㉠과 ㉡을 모두 나타낼 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$ 이다.

## 8 두 가지 상염색체 유전 형질에 대한 가계도 분석

### [자료 분석]



- 1은 유전자형이 AA이고 정상이며, 2는 유전자형이 AA\*이고 유전병 ①을 나타낸다. ➔ A\*는 유전병 ① 대립유전자이고 우성이며, A는 정상 대립유전자이고 열성이다.
- 2는 유전자형이 BB\*이고 정상이며, 3은 유전자형이 BB이고 정상이다. ➔ B는 정상 대립유전자이고 우성이며, B\*는 유전병 ② 대립유전자이고 열성이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ①의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㉡ ②는 우성 형질이다. **열성**
- ㉢ 8의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 유전병 ①과 ② 중 ②만 나타날 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

㉠. 남자인 1에는 대립유전자 A가 2개, 3에는 대립유전자 B가 2개 존재하므로 ①과 ②의 유전자는 모두 상염색체에 있다.

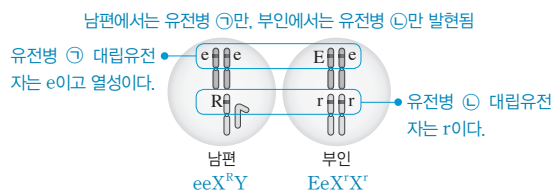
**[바로알기]** ㉡. 유전자형이 BB\*인 2와 BB인 3이 모두 정상이므로 B\*가 유전병 ② 대립유전자이고, ②는 열성 형질이다.

㉢. 6은 1에게서 A를 물려받았으므로 유전자형이 AA\*이고, 7은 정상이므로 AA이다.  $AA* \times AA \rightarrow AA, AA, AA*, AA*$  이므로 이들 사이에서 아이가 태어날 때 유전병 ①이 나타나지 않을 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 유전병 ②을 나타내지 않는 6과 7 사이에서 유전병 ②을 나타내는 딸인 8이 태어났으므로 6과 7의 유전자형은 모두 BB\*이다.  $BB* \times BB* \rightarrow BB, BB*, BB*, B*B*$  이므로 이들 사이에서 아이가 태어날 때 유전병 ②이 나타날 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 8의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 유전병 ①

은 나타나지 않고 ②만 나타날 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

## 9 상염색체와 성염색체에 의한 유전 특성 분석

### [자료 분석]



- 유전자형이 ee일 경우에만 유전병 ①이 나타나므로 유전병 ①은 열성 형질이다.
- 남자는 R가 있을 때 유전병 ②이 발현되지 않았고, 여자는 rr일 때 발현되었으므로 유전병 ② 대립유전자는 r이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 유전병 ①이 나타나게 하는 대립유전자는 e이다.
- ㉡ 이 부부 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 유전병 ①과 ②을 모두 나타내는 아들일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.
- ㉢ 유전병 ①인 딸은 모두 유전병 ②을 나타낸다. **모두 유전병 ②을 나타내지는 않는다.**

㉠. 유전병 ①의 유전자형이 Ee인 부인은 유전병 ①이 나타나지 않았으므로 유전병 ① 대립유전자는 e이고 ①은 열성 형질이다.

㉡.  $ee \times Ee \rightarrow Ee, Ee, ee, ee$  이므로 아이에서 유전병 ①이 나타날 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고,  $X^R Y \times X^r X^r \rightarrow X^R X^r, X^R X^r, X^r Y, X^r Y$

이므로 아이가 유전병 ②을 나타내는 아들일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따

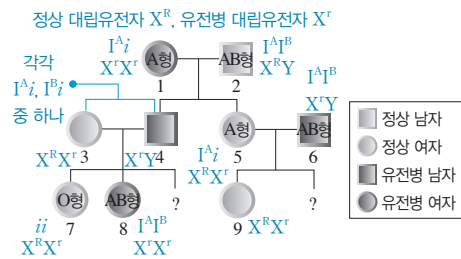
라서 아이가 유전병 ①과 ②을 모두 나타내는 아들일 확률은  $\frac{1}{2}$

$\times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

**[바로알기]** ㉢. 유전병 ①의 유전자는 상염색체에, 유전병 ②의 유전자는 X 염색체에 있으므로 유전병 ①인 딸이 반드시 유전병 ②을 나타내지는 않는다.

## 10 ABO식 혈액형과 반성유전 가계도 분석

### [자료 분석]



- ABO식 혈액형이 O형인 7의 유전자형은 ii이고, 열성 대립유전자 i는 1에서 4를 거쳐 전달된 것이다. ➔ 1의 유전자형은 I<sup>A</sup>i이다.
- 유전병은 남녀 모두에서 나타나므로 유전병 유전자는 X 염색체에 있다. 아버지에게서 유전병이 나타나도 딸은 정상인 경우가 있으므로 유전병은 열성 형질이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 1의 ABO식 혈액형의 유전자형은 동형 접합성이다. **이형 접합성(I<sup>A</sup>i)**
- ㉡ 8의 동생과 9의 동생이 각각 한 명씩 태어날 때, 이 두 아이의 ABO식 혈액형이 모두 A형일 확률은 12.5%이다.
- ㉢ 9의 동생이 태어날 때, 이 아이의 ABO식 혈액형의 유전자형과 유전병의 유전자형이 모두 1과 같을 확률은 6.25%이다.

㉠. 8이 AB형이고 언니인 7이 O형이므로 8의 부모는 대립유전자 I<sup>A</sup>와 I<sup>B</sup> 중 하나를 가지고, 열성 대립유전자 i를 가진다. 따라서  $I^A i \times I^B i \rightarrow I^A i, I^B i, I^A I^B, ii$  이므로 8의 동생이 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 5의 ABO식 혈액형의 유전자형은 1과 같으므로 I<sup>A</sup>i이고,  $I^A i \times I^A I^B \rightarrow I^A I^A, I^A i, I^B i, I^A I^B$  이므로 9의 동생이 A형일

확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 8과 9의 동생이 모두 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$

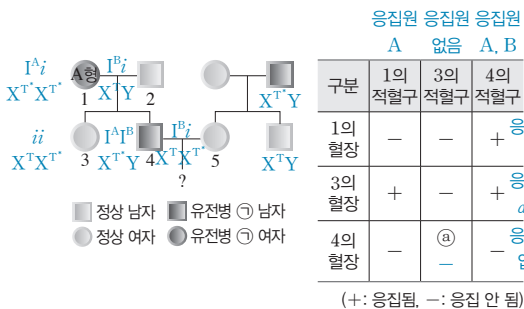
$\times \frac{1}{2} \times 100 = 12.5(\%)$ 이다.

ㄷ. 9의 동생이 태어날 때 ABO식 혈액형 유전자형이  $I^A i$ 일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 5는 1에게서 유전병 대립유전자를 물려받은 보인자이다. 정상 대립유전자를  $X^R$ , 유전병 대립유전자를  $X^r$ 라고 표시하면  $X^R X^r \times X^r Y \rightarrow X^R X^r, \underline{X^r X^r}, X^R Y, X^r Y$ 이므로 1과 같이 유전병 유전자형이  $X^r X^r$ 일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 아이의 ABO식 혈액형 유전자형과 유전병 유전자형이 모두 1과 같을 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 100 = 6.25(\%)$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 1의 아들인 4에게서 태어난 아이 중 O형이 있으므로 1과 1의 아들인 4는 모두 열성 대립유전자  $i$ 를 가진다. 즉, 1의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 로 이형 접합성이다.

## 11 ABO식 혈액형과 유전병 유전 가계도 분석

### [자료 분석]



- A형인 1의 적혈구를 3의 혈장에 넣으면 응집 반응이 일어나며, 3의 적혈구를 1의 혈장에 넣으면 응집 반응이 일어나지 않는다. ➔ 3은 O형이다.
- A형인 1의 적혈구를 4의 혈장에 넣으면 응집 반응이 일어나지 않으며, 4의 적혈구를 1의 혈장에 넣으면 응집 반응이 일어난다. ➔ 4는 AB형이다.
- 3이 O형, 4가 AB형이다. ➔ 1의 유전자형은  $I^A i$ , 2의 유전자형은  $I^B i$ 이다.
- 2와 5의 ABO식 혈액형의 유전자형은 같다. ➔ 5의 유전자형은  $I^B i$ 이다.
- 1과 2는 각각 한 가지 대립유전자를 갖는데, 자손에서 정상과 유전병 ㉠이 모두 나타났다. ➔ 유전병 ㉠의 대립유전자는 X 염색체에 있다.
- 딸(3)은 어머니(1)에게서 유전병 ㉠ 대립유전자를, 아버지(2)에게서 정상 대립유전자를 물려받았는데 정상이다. ➔ 정상 대립유전자 T는 우성이고, 유전병 ㉠ 대립유전자 T\*는 열성이다.

### [선택지 분석]

- ✗ ㉢는 +이다. -
- 3과 5는 모두 T\*를 갖고 있다.
- ✗ 4와 5 사이에 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형이며 유전병 ㉠인 아들일 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.  $\frac{1}{16}$

ㄴ. 유전병 ㉠의 대립유전자는 X 염색체에 있고, 정상 대립유전자 T는 우성, 유전병 ㉠ 대립유전자 T\*는 열성이다. 3은 어머니에게서, 5는 아버지에게서 각각 유전병 ㉠ 대립유전자 T\*를 물려받았다.

**바로알기** ㄱ. ABO식 혈액형이 O형인 3의 적혈구에는 응집원이 없고, AB형인 4의 혈장에는 응집소가 없다. 따라서 ㉢는 '응집 안 됨(-)'이다.

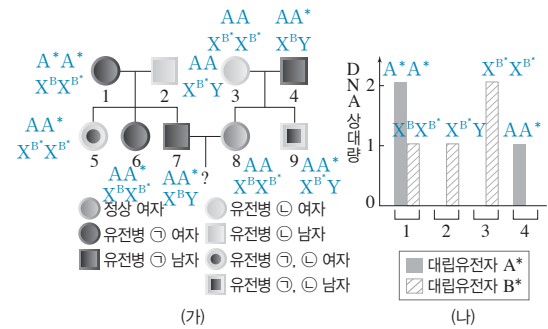
ㄷ.  $I^A I^B \times I^B i \rightarrow I^A i, I^B i, I^A I^B$ 이므로 아이가 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$ .  $X^{T*} Y \times X^{T*} X^{T*} \rightarrow X^{T*} X^{T*}, X^{T*} X^{T*}, X^{T*} Y, \underline{X^{T*} Y}$ 이므로

아이가 유전병 ㉠인 아들일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 아이가 A형

이고 유전병 ㉠인 아들일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

## 12 DNA 상대량 조사를 통한 두 가지 형질의 유전 가계도 분석

### [자료 분석]



- 1은  $A^* A^*$ , 2는  $AA$ 이므로, 자손 5~7의 유전자형은 모두  $AA^*$ 이고 유전병 ㉠을 나타낸다. ➔  $A^*$ 는 유전병 ㉠ 대립유전자이며 우성이고, A는 정상 대립유전자이며 열성이다.
- 여자 1은  $B^*$ 가 1개 있고 정상이지만, 남자 2는  $B^*$ 가 1개 있고 유전병 ㉠을 나타내며 여자 3은  $B^*$ 가 2개 있고 유전병 ㉠을 나타낸다. ➔ B와  $B^*$ 는 X 염색체에 있다. B는 정상 대립유전자이며 우성이고,  $B^*$ 는 유전병 ㉠ 대립유전자이며 열성이다.

### [선택지 분석]

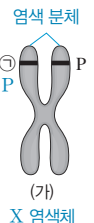
- ✗  $\frac{1}{8}$
- ✗  $\frac{3}{16}$
- $\frac{1}{4}$
- ✗  $\frac{3}{8}$
- ✗  $\frac{1}{2}$

유전병 ㉠의 유전자는 상염색체에 있고, 유전병 ㉠ 대립유전자  $A^*$ 는 우성, 정상 대립유전자 A는 열성이다. 따라서 유전자형이  $AA^*$ 인 7과 유전자형이  $AA$ 인 8 사이에서 태어난 아이에게서 유전병 ㉠이 나타날 확률은  $AA^* \times AA \rightarrow AA, AA, \underline{AA^*}$ ,  $AA^*$ 이므로  $\frac{1}{2}$ 이다. 또, 유전병 ㉠의 유전자는 X 염색체에 있고, 정상 대립유전자 B는 우성, 유전병 ㉠ 대립유전자  $B^*$ 는 열성이다. 8은 3에게서 유전병 ㉠ 대립유전자  $B^*$ 를 물려받아 보인자이다. 유전자형이  $X^B Y$ 인 7과 유전자형이  $X^{B*} X^{B*}$ 인 8 사이에서 남자 아이가 태어날 때 유전병 ㉠이 나타날 확률은  $X^B Y \times X^{B*} X^{B*} \rightarrow X^B X^{B*}, X^{B*} X^{B*}, X^B Y, \underline{X^{B*} Y}$ 이므로  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 7과 8 사이에서 태어난 남자 아이에게서 ㉠과 ㉠이 모두 나타날 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

## 13 DNA 상대량 조사를 통한 두 가지 형질의 유전 특성 분석

### [자료 분석]

구성원	DNA 상대량			
	P	P*	T	T*
$X^{P*} X^{P*} TT$ 어머니	0	2	2	0
$X^P X^{P*} TT$ 누나	1	1	2	0
$X^{P*} Y TT^*$ 철수	0	1	1	1
$X^P X^{P*} TT^*$ 여동생	1	1	1	1



- 여자는 P와 P\*의 DNA 상대량 합이 2이지만, 남자(철수)는 1이다. ➔ P와 P\*는 X 염색체에 있다.
- (가)는 X 염색체이며, 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체는 복제되어 형성된 것이므로 유전자 구성이 같아 ㉢는 P이다.

### [선택지 분석]

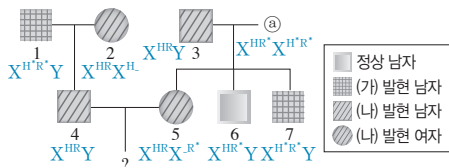
- (가)는 성염색체이다.
- ㉢은 아버지로부터 물려받은 유전자이다.
- 철수의 아버지는 T와 T\*를 모두 가지고 있다.



ㄱ. 대립유전자 P와 P\*의 DNA 상대량 합이 여자가 남자의 2배이므로, P와 P\*는 X 염색체에 있다. 따라서 (가)는 X 염색체이다.  
 ㄴ. 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체는 유전자 구성이 동일하므로 ㉠은 P이며, 어머니의 유전자형은  $X^P X^{P*}$ 이므로 여동생은 아버지에게서 대립유전자 P를 물려받았다.  
 ㄷ. 대립유전자 T와 T\*는 DNA 상대량 합이 남녀에서 2로 같으므로 상염색체에 있다. 어머니의 유전자형은 TT인데, 누나는 T를 2개 가지므로 그중 하나는 아버지에게서 물려받은 것이다. 또 철수와 여동생의 유전자형은 TT\*인데 그중 T\*는 아버지에게서 물려받은 것이므로 아버지의 유전자형은 TT\*이다.

#### 14 DNA 상대량 조사를 통한 두 가지 형질의 유전 가계도 분석

##### [자료 분석]



- 1은 2, 4와 (가)에 대한 표현형이 다르다. 대립유전자 H와 H\*가 상염색체에 존재할 경우 ㉠과 ㉡은 HH\*, ㉢은 HH로 표현형이 모두 같다. 따라서 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. → ㉢은  $X^{H*}Y$ , ㉡은  $X^{H*}Y$ , ㉠은  $X^H X^{H*}$ 이므로 ㉠이 4, ㉡이 1, ㉢이 2이고, 정상 대립유전자  $X^H$ 는 우성이고, (가) 대립유전자  $X^{H*}$ 는 열성이다.
- $X^R$ 가 정상 대립유전자라고 가정하면 (나)의 유전자형이 6은  $X^R Y$ , 7은  $X^R Y$ 이다. 유전자  $X^R$ 는 어머니 ㉡에게서 물려받은 것인데 (가)에 대한 6과 7의 표현형이 다르므로 (나)에 대한 ㉡의 유전자형은  $X^R X^R$ 가 된다. 5도 ㉡에게서 X 염색체를 하나 물려받으며, 형질 (나)를 나타내는데 ㉡는 정상 대립유전자  $X^R$ 만 가지므로 가정이 성립하지 않는다. → (나) 대립유전자는  $X^R$ 이며 우성이고, 정상 대립유전자는  $X^{R*}$ 이며 열성이다.
- 5는 3에게서 (나) 대립유전자  $X^R$ 를 하나 물려받아 (나)가 발현된다.

구성원	4	1	2
DNA 상대량			
H	1	?	2
H*	?	1	?

##### [선택지 분석]

- ㉠ 구성원 ㉡은 구성원 2이다.
- ㉡ ㉡에게서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않았다.
- 4와 5 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다. 0

ㄱ.  $X^H$ 가 2개이면 여자이므로 ㉡은 2이다.  
 ㄴ. 6은 정상, 7은 (가)가 발현되므로 ㉡의 유전자형은  $X^H X^{H*}$ 이다. 또, 6과 7은 ㉡에게서 서로 다른 X 염색체를 물려받았지만 공통적으로 (나)가 발현되지 않으므로 ㉡는 (나) 대립유전자가 없다. 그런데 5는 3에게서만 (나) 대립유전자를 1개 물려받지만 (나)가 발현되므로 (나)는 우성 형질이다. 따라서 R는 (나) 대립유전자이고, R\*는 정상 대립유전자이다. ㉡는 X 염색체에 HH\*R\*R\*를 가지므로 ㉡는 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않는다.  
 [바로알기] ㄷ. 4의 유전자형은  $X^{H*}Y$ 이다. 5는 3에게서 X 염색체와 함께 H와 R를 물려받으며, ㉡에게서는  $X^{H*}$  또는  $X^{H*}R^*$ 를 물려받았다. 그런데 4와 5 사이에서 아이가 태어날 때 딸은 아버지의 정상 대립유전자  $X^H$ 를 물려받으므로 (가)를 나타내지 않으며, 아들은 어머니인 5의 X 염색체에 R가 있으므로 (나)가 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 4와 5 사이에서 (가)와 (나)가 모두 발현되는 아이가 태어날 확률은 0이다.

#### 15 다인자 유전

##### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 다인자 유전 형질이다.
- ㉡ ㉡은 (가)에 대한 유전자형이 다른 4가지의 생식세포를 형성할 수 있다. 8가지
- ㉢ ㉡이 어머니와 유전자형이 같은 여자와 결혼하여 아이를 낳을 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 최대 4가지이다.

ㄱ. (가)는 3쌍의 대립유전자에 의해 결정되고 대립 형질의 우열이 뚜렷하지 않으므로 두 쌍 이상의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 다인자 유전 형질이다.  
 ㄷ. 유전자형이 AABBDD인 남자와 aabbdd인 여자 사이에서 태어난 남자 ㉡의 유전자형은 AaBbDd이다. ㉡의 어머니의 유전자형이 열성 동형 접합성이므로 ㉡과 유전자형이 aabbdd인 여자 사이에서 태어나는 자손의 표현형은 ㉡에서 형성하는 생식세포에 포함된 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서 결정된다. 따라서 자손의 유전자형은 AaBbDd, AaBbdd, AabbDd, Aabdd, aaBbDd, aaBbdd, aabbDd, aabdd이므로 표현형은 대문자가 3개, 2개, 1개, 0개일 때의 최대 4가지이다.  
 [바로알기] ㄴ. ㉡의 유전자형은 AaBbDd이므로 형성되는 생식세포의 유전자형은 ABD, ABd, AbD, Abd, aBD, aBd, abD, abd의 8가지이다.

#### 16 여러 가지 형질의 유전 특성 분석

##### [선택지 분석]

- ㉠ ㉡과 ㉢은 단일 인자 유전 형질이다.
- ㉡ 대립유전자 A는 B와 O에 대해 완전 우성이고, B는 O에 대해 완전 우성이려면 ㉢의 표현형은 4가지가 나타난다. 3가지
- ㉢ ㉢의 경우 DdEeff와 표현형이 같은 유전자형의 종류는 DdEeff를 제외하고 5가지이다.
- ㉣ ㉢이 대립유전자 R에 의해 나타난다면, 어머니에게서 ㉢이 나타나면 아들에게서도 반드시 ㉢이 나타난다. 아들에게서 반드시 ㉢이 나타나는 것은 아니다.

ㄱ. ㉡은 대립유전자 H, H\*의 한 쌍, ㉢은 대립유전자 A, B, O 중 한 쌍에 의해 형질이 결정되므로 단일 인자 유전 형질이다.  
 ㄷ. ㉢에서 DdEeff와 같이 대문자가 2개인 경우는 DDeeff, ddEEff, ddeeFF, DdeeFf, ddEeFf의 5가지이다.  
 [바로알기] ㄴ. ㉢은 대립유전자가 A, B, O의 3가지이므로 복대립 유전한다. ㉢에 대해 가능한 유전자형은 AA, AO, AB, BB, BO, OO의 6가지이고, 우열 관계는 A는 B와 O에 대해, B는 O에 대해 완전 우성이므로 표현형은 A에 의해 나타나는 것(AA, AO, AB), B에 의해 나타나는 것(BB, BO), O에 의해 나타나는 것(OO)의 3가지이다.  
 ㄹ. ㉢을 결정하는 대립유전자 R는 R\*에 대해 완전 우성이므로 어머니는 R를 하나만 가져도 ㉢을 나타낸다. 따라서 ㉢에 대한 어머니의 유전자형이  $X^R X^{R*}$ 일 경우 아들은 어머니에게서  $X^R$ 를 물려받으면 ㉢을 나타내고,  $X^{R*}$ 를 물려받으면 ㉢을 나타내지 않는다.

# 11 사람의 유전병

## 개념 확인 문제

본책 131쪽

- 1 (1) ㉠ 감수 1분열, ㉡ 감수 2분열 (2) XY (3) 다운 증후군  
2 (1) (가) 중복 (나) 결실 (다) 역위 (라) 전좌 3 (1) × (2) ○ (3) ×

- 1 (1) (가)에서는 감수 1분열에서 성염색체인 X 염색체와 Y 염색체가 비분리되었다. (나)에서는 감수 2분열에서 상염색체인 21번 염색체가 비분리되었다.  
(2) 정자 A는 22개의 상염색체와 2개의 성염색체(X 염색체, Y 염색체)를 가진다.  
(3) 정자 B는 정상 정자보다 21번 염색체가 1개 더 많으므로 정상 남자와 수정하여 태어나는 아이는 다운 증후군을 나타낸다.

- 2 (가)는 같은 유전자 d와 e가 반복되므로 염색체 구조 이상 중 중복이고, (나)는 염색체 일부가 사라져 유전자 a가 없어졌으므로 결실이다. (다)는 유전자 e와 f의 순서가 뒤바뀌어 있으므로 역위이고, (라)는 유전자 g, h와 유전자 q, r가 있는 부위가 끊어져 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 붙었으므로 전좌이다.

- 3 (1) 유전자 이상에 의한 유전병은 염색체 수나 구조에 이상이 없어 핵형 분석을 통해 알아낼 수 없다.  
(2) 유전자 이상은 DNA 염기 서열 변화로 나타난다.  
(3) 터너 증후군은 염색체 수 이상에 의한 유전병이다.

## 수능 자료 마스터

본책 132쪽~133쪽

- 자료 ㉠ 1 ㉢      자료 ㉡ 2 ㉡      자료 ㉢ 3 ㉣

- 1 ㄱ. 철수는 적록 색맹이며, 클라인펠터 증후군이므로 성염색체 구성이  $X^R X^R Y$ 이다. 따라서 철수 부모의 적록 색맹 유전자형은 각각  $X^R Y$ 와  $X^R X^r$ 이다. 철수가  $X^r$ 를 2개 가지려면 (나)의 난자 형성 과정에서 감수 2분열 시 성염색체의 염색 분체 비분리가 일어나야 한다.

- ㄴ. 철수는 X 염색체 2개를 어머니에게서 물려받으므로 정자 ㉠의 염색체 구성은  $22+Y$ 로 정상이다. 따라서 (가)에서는 ㉢과 ㉡을 형성하는 감수 2분열에서 성염색체의 염색 분체 비분리가 일어났다. 감수 1분열은 정상적으로 일어났으므로 ㉠과 ㉡의 핵상은  $n$ 이고, 염색체 수는 23개로 같다.

- ▶▶▶ ㄷ. ㉢과 ㉡이 형성될 때 X 염색체가 비분리되어 ㉢과 ㉡ 중 하나는 X 염색체를 2개 가지고, 다른 하나는 X 염색체를 가지지 않는다.

- 2 ㄷ. (가)에서 A가 있는 염색체는 모양과 크기가 다른 염색체와 쌍을 이루고 있으므로 상염색체이다. (나)에서는 A의 대립유전자인 a가 상염색체로 전좌되었다.

- ▶▶▶ ㄱ. ㉠과 ㉡은 동원체의 위치가 서로 다르므로 상동 염색체가 아니다.

- ㄴ. (나)에는 대립유전자 A와 a가 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 존재하므로 전좌가 일어난 염색체가 있다.

- 3 ㄱ. 5는 염색체 구성이  $44+XXY$ 이므로 클라인펠터 증후군을 나타낸다.

- ㄷ. 적록 색맹에 대한 유전자형이 3은  $X^r X^r$ , 5는  $X^r X^r Y$ 이므로 3과 5는 모두 2개의 X 염색체에 적록 색맹 대립유전자를 가진다.

- ▶▶▶ ㄴ. 2는 정상이지만 아들이 적록 색맹이므로 보인자이다. 5의 적록 색맹 대립유전자는 2에게서만 물려받았으며, 2개의 X 염색체에 모두 적록 색맹 대립유전자( $X^r$ )가 있어야 하므로 난자 ㉠은 감수 2분열에서 성염색체의 염색 분체가 비분리되어 형성된 것이다.

## 수능 2점 다지기

본책 134쪽~135쪽

- 1 ㉤      2 ㉠      3 ㉣      4 ㉡      5 ㉡      6 ㉢  
7 ㉤      8 ㉠

### 1 염색체 비분리

#### |선택지 분석|

- ㉠ 감수 1분열 과정이다.  
㉡ 성염색체가 없는 정자가 형성될 수 있다.  
㉢ 이 과정을 통해 형성된 정자와 정상 난자가 수정되어 아이가 태어날 때, 이 아이는 클라인펠터 증후군을 나타낼 수 있다.

- ㄱ. 상동 염색체가 분리되므로 감수 1분열 과정이다.

- ㄴ. 성염색체가 비분리되었으므로 X와 Y 염색체를 모두 가지는 정자와 성염색체를 가지지 않는 정자가 형성된다.

- ㄷ. X와 Y 염색체를 모두 가지는 정자와 정상 난자가 수정되면 수정란의 염색체 구성이  $44+XXY$ 가 되므로 태어난 아이에서 클라인펠터 증후군이 나타난다.

### 2 염색체 비분리

#### |선택지 분석|

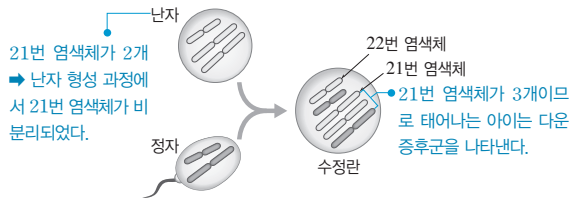
- ㉠ A의 염색 분체 수는 44개이다.  $22 \times 2$   
✗ DNA량은 ㉠이 ㉡의 2배이다. ㉡보다 성염색체 2개만큼 많다.  
✗ ㉠과 정상 난자가 수정되어 아이가 태어날 때, 이 아이가 터너 증후군일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 1

- ㄱ. 감수 1분열에서 성염색체의 비분리가 일어난 결과 ㉠은 성염색체 X, Y를 모두 가진다. 따라서 A는 성염색체가 없고 상염색체만 22개 가진다. A에서 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 A의 염색 분체 수는 총 44개이다.

- ▶▶▶ ㄴ. ㄷ. 감수 1분열에서만 성염색체의 비분리가 일어났으므로 ㉠의 염색체 구성은  $22+XY$ 이고, ㉡의 염색체 구성은 22이다. 따라서 DNA량은 ㉠이 ㉡보다 성염색체 2개만큼 많다. ㉡은 성염색체가 없으므로 ㉡과 정상 난자가 수정되어 태어나는 아이는 터너 증후군을 나타낸다.

### 3 염색체 비분리

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ① 수정란의 상염색체는 45개이다.
- ② 난자와 정자의 성염색체 수는 같다.
- ③ 난자 형성 과정에서 21번 염색체가 비분리되었다.
- ④ 정자 형성 과정에서 22번 염색체가 비분리되었다.
- ⑤ 수정란이 발생하여 아이가 태어날 때, 이 아이는 다운 증후군을 나타낸다.

- ① 수정란에 21번 염색체가 3개 있으므로 수정란의 염색체 구성은  $45+XX$  또는  $45+XY$ 이다. 따라서 상염색체 수는 45이다.
- ② 난자와 정자에서 제시된 것 이외의 염색체는 정상이므로, 난자와 정자의 성염색체 수는 1개로 같다.
- ③ 난자에 21번 염색체가 2개 있으므로 난자 형성 과정에서 21번 염색체가 비분리되었다는 것을 알 수 있다.
- ⑤ 수정란에 21번 염색체가 3개 있으므로 수정란이 발생하여 태어난 아이는 다운 증후군을 나타낸다.

**바로알기** ④ 정자는 21번 염색체와 22번 염색체를 각각 1개씩 가지므로 정자 형성 과정에서는 염색체 비분리가 일어나지 않았다.

### 4 염색체 비분리

#### |선택지 분석|

- ✗ A의 염색체 수는 (가)의  $\frac{1}{2}$ 이다.  $\frac{1}{2}$ 보다 1개 더 많다.
- ✗ B의 DNA양은 정상 생식세포의 2배이다.
- ㉠ 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어났을 때 형성되는 생식세포는 C와 D이다.

염색체 구성을 보면 A는  $22+XX$ , B는  $22+YY$ , C는  $22+XY$ 이며, D는 22로 성염색체를 가지지 않는다.

㉠ 정자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나면 염색체 구성이  $22+XY$ (C),  $22$ (D)인 정자가 형성된다.

**바로알기** ㉠, ㉡. A와 B는 정상 생식세포보다 염색체 수가 1개 더 많다. 따라서 A와 B의 염색체 수는 (가)의  $\frac{1}{2}$ 보다 1개 더 많고, DNA양은 정상 생식세포보다 성염색체 1개만큼 많다.

### 5 염색체 구조 이상

#### |선택지 분석|

- ✗ ㉠은 ㉡의 염색 분체이다. 상동 염색체
- ㉠ (나)에는 역위가 일어난 염색체가 있다.
- ✗ ㉡ (다)는 상동 염색체 사이에 전좌가 일어난 세포이다. 비상동 염색체 사이에

㉡. (가)의 ㉠과 (나)를 비교하면 R과 S의 순서가 바뀌었음을 알 수 있다. 따라서 (나)에는 역위가 일어난 염색체가 있다.

**바로알기** ㉠. (가)는  $2n$  상태의 체세포이므로 ㉠과 ㉡은 크기와 모양이 같은 상동 염색체이다.

㉡. (가)와 (다)를 비교하면 ㉡과 그 아래의 염색체 간에 'R-S-T' 부분과 'Y-Z' 부분의 위치가 서로 바뀌었으므로 (다)에는 염색체의 일부가 끊어져 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 연결되는 전좌가 일어난 염색체가 있다.

### 6 염색체 이상에 의한 유전병

#### |선택지 분석|

- ㉠ (가)와 (라)는 체세포 1개당 염색체 수가 같다.
- ✗ ㉡ (나)와 같은 염색체 구성은 성염색체 비분리가 일어난 난자와 정상 정자가 수정될 때에만 나타난다.
- ㉢ (다)와 (라)의 유전병은 남녀 모두에서 나타날 수 있다.

㉠. (가)는 X 염색체가 정상보다 1개 더 많고, (라)는 21번 염색체가 정상보다 1개 더 많으므로 (가)와 (라)의 체세포 1개당 염색체 수는 같다.

㉡. (다)와 (라)의 유전병은 상염색체 이상에 의해 나타나므로 남녀 모두에서 나타날 수 있다.

**바로알기** ㉡. (나)와 같은 염색체 구성은 염색체 비분리로 인해 성염색체가 없는 난자와 X 염색체를 가지는 정상 정자가 수정되었을 때 또는 정상 난자와 염색체 비분리로 인해 성염색체가 없는 정자가 수정되었을 때 나타난다.

### 7 유전자 이상에 의한 유전병

#### |선택지 분석|

- ✗ 체내에 축적되는 물질 ㉠은 타이로신이다. 페닐알라닌
- ㉡ 이 환자의 핵형은 정상인과 같다.
- ㉢ 이 환자의 체세포 1개당 염색체 수는 정상인과 같다.

㉠, ㉡. 이 유전병은 유전자 이상에 의한 것이므로 환자 (가)의 체세포 내 염색체의 수와 구조는 정상인과 같다. 따라서 핵형 분석으로는 유전병을 진단할 수 없다.

**바로알기** ㉠. 이 유전병은 페닐케톤뇨증이다. 페닐케톤뇨증은 페닐알라닌을 타이로신으로 전환하는 효소(A)가 결핍되어 몸속에 페닐알라닌이 축적되고, 축적된 페닐알라닌이 페닐케톤으로 바뀌어 중추 신경계를 손상시키는 유전병이다.

### 8 유전자 이상에 의한 유전병

#### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠은 태아에서 유래된 세포이다.
- ✗ ㉡은 세포 주기 중 간기의 세포이다. 중기
- ✗ ㉢을 통해 태아의 낫 모양 적혈구 빈혈증 여부를 알아낼 수 있다. 알아낼 수 없다.

㉠. 태아의 핵형을 분석하려는 것이므로 양수에서 채취하는 세포는 태아에서 유래된 것이어야 한다.

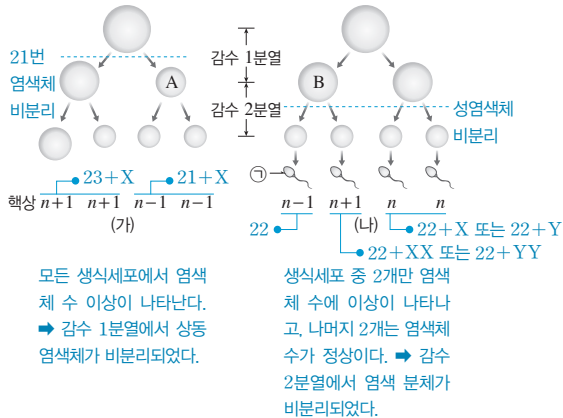
**바로알기** ㉡. 간기에는 염색체가 핵 속에 풀려져 있어 관찰되지 않는다. 핵형 분석 시에는 주로 분열기의 중기 세포를 사용한다.

㉢. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 이상에 의한 유전병이므로 핵형이 정상과 같아서 핵형 분석을 통해 알아낼 수 없다.

- 1 ⑤    2 ④    3 ④    4 ①    5 ③    6 ④  
7 ②    8 ③    9 ⑤    10 ④    11 ③    12 ⑤  
13 ①    14 ③

## 1 염색체 비분리

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ (가)에서 염색체 분체의 비분리가 일어났다. 상동 염색체
- L A의 총 염색체 수와 B의 상염색체 수는 같다.
- C ①과 정상 남자가 수정되어 아이가 태어날 때, 이 아이는 터너 증후군이다.

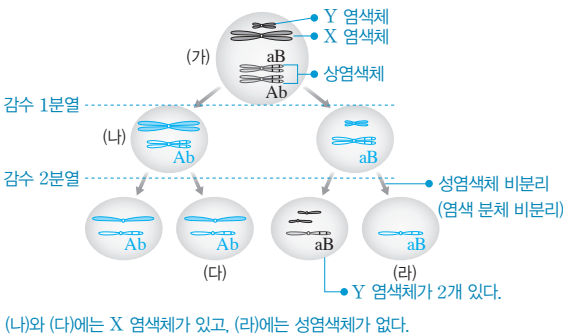
ㄴ. 감수 1분열에서 21번 염색체가 비분리되어 A의 총 염색체 수는 22개이고, B는 염색체 비분리가 일어나기 전의 세포이므로 22개의 상염색체와 1개의 성염색체를 가진다.

ㄷ. ①은 염색체 수가 정상보다 하나 적으므로 성염색체가 없다. 따라서 ①(22)과 정상 남자(22+X)가 수정되면 수정란의 염색체 구성이 44+X이므로 태어나는 아이는 터너 증후군을 나타낸다.

▶▶▶ ㄱ. (가)에서 형성된 모든 생식세포의 염색체 수에 이상이 있으므로 (가)에서는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어났다.

## 2 염색체 비분리

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㄱ (나)의 상염색체의 염색 분체 수는 2이다.
- ✗ ㄷ (다)에는 a가 있다. A
- ㄷ (라)가 형성될 때 염색 분체가 비분리되었다.

ㄱ. ㄷ. (라)의 왼쪽에 있는 생식세포에 대립유전자 a가 있는 상염색체 1개와 Y 염색체 2개가 있는 것으로 보아 (라)가 형성되는 감수 2분열이 일어날 때 Y 염색체의 염색 분체가 비분리되었음을 알 수 있다. 따라서 (라)는 성염색체를 가지지 않으므로 상염색체만 22개 가진다. (나)에는 22개의 상염색체와 1개의 X 염색체가 있고 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 (나)에서 상염색체의 염색 분체 수는  $22 \times 2 = 44$ 이다. 따라서

$$\frac{\text{(나)의 상염색체의 염색 분체 수}}{\text{(라)의 염색체 수}} = \frac{22 \times 2}{22} = 2 \text{이다.}$$

▶▶▶ ㄴ. 대립유전자 A와 a는 상동 염색체가 분리되는 감수 1분열에서 서로 다른 세포로 들어가므로 감수 1분열은 정상적으로 일어났다. (라)의 왼쪽에 있는 생식세포가 대립유전자 a를 가지므로 (나)와 (다)는 대립유전자 A가 있는 상염색체와 X 염색체를 1개씩 가진다.

## 3 염색체 비분리와 사람의 유전

### [선택지 분석]

- ㄱ A는 클라인펠터 증후군을 나타낸다.
- ㄴ A는 적록 색맹 대립유전자를 가진다.
- ✗ ㄷ 감수 2분열에서 성염색체가 비분리된 정자가 정상 난자와 수정되어 A가 태어났다. 감수 1분열

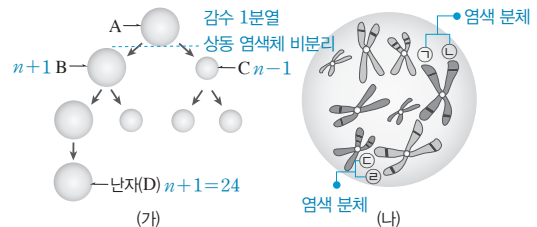
ㄱ. A는 성염색체 구성이 XXY이므로 클라인펠터 증후군을 나타낸다.

ㄴ. A는 적록 색맹인 어머니에게서 적록 색맹 대립유전자  $X^r$ 를 하나 물려받았지만 정상인 아버지에게서 정상 대립유전자  $X^R$ 를 물려받아 적록 색맹을 나타내지 않는다. 따라서 A의 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^r Y$ 이다.

▶▶▶ ㄷ. A는 아버지에게서 X와 Y 염색체를 모두 물려받았다. 따라서 아버지의 정자 형성 과정 중 감수 1분열에서 성염색체가 비분리되어 X와 Y 염색체를 모두 가지는 정자가 형성되고, 이 정자가 정상 난자와 수정되어 A가 태어났다는 것을 추론할 수 있다.

## 4 염색체 비분리와 생식세포의 형성

### [자료 분석]



- B의 핵상이  $n+10$ 이므로 감수 1분열에서 상동 염색체의 비분리가 일어났음을 알 수 있다.
- ①과 ②, ③과 ④는 각각 하나의 염색체를 이루는 염색 분체이므로 유전자 구성이 동일하다. 염색 분체는 감수 2분열 시 분리되어 서로 다른 세포로 들어간다.

### [선택지 분석]

- ㄱ ①과 ②은 B와 C 중 하나의 세포에만 있다.
- ✗ ㄷ ③과 ④을 모두 가진 난자가 만들어질 수 있다. 만들어질 수 없다.
- ✗ A의 염색 분체 수는 2이다.  $\frac{46 \times 2}{24} \approx 3.8$



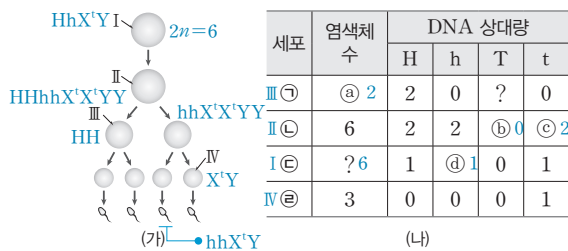
ㄱ. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 이루는 염색 분체이다. 감수 1분열이 일어날 때에는 상동 염색체가 분리되어 이동하므로 ㉠과 ㉡은 같은 세포로 들어가 B와 C 중 하나의 세포에만 있다.

**바로알기** ㄴ. ㉢과 ㉣은 하나의 염색체를 이루는 염색 분체이다. 감수 2분열이 정상적으로 일어났으므로 ㉢과 ㉣은 분리되어 서로 다른 세포로 들어간다. 따라서 ㉢과 ㉣을 모두 가진 남자가만 들어가지 않는다.

ㄷ. B의 핵상이  $n+1$ 이고, 감수 2분열은 정상적으로 일어났으므로 D의 핵상도  $n+1$ 이다. 사람의 염색체 수는 46개이므로 A의 염색 분체 수는  $46 \times 2$ 이고, D의 염색체 수는 24이다. 따라서 A의 염색 분체 수 / D의 염색체 수 =  $\frac{46 \times 2}{24} \approx 3.8$ 이다.

## 5 염색체 비분리

### [자료 분석]



- ㉢은 염색체 수가 6이고, H와 h의 DNA 상대량이 각각 2이므로 감수 1분열이 진행 중인 세포 II이다.
- ㉣은 H만 DNA 상대량이 2이므로 대립유전자가 분리된 상태에서 감수 2분열이 진행 중인 세포 III이다.
- ㉤은 염색체 수가 3이므로 생식세포 분열이 완료된 IV이다.
- ㉥은 I이며, DNA 복제를 거쳐 II가 된다. 그런데 ㉥에는 대립유전자 T와 t 중 하나만 있으므로 T와 t는 X 염색체에 있다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ㉢ + ㉤ 보다 ㉡ + ㉦가 크다.
- ㉢ ㉥은 IV이다. I
- ㉤ ㉧은 염색체 X와 Y를 모두 가지고 있다.

ㄱ. ㉢이 세포 I이며, ㉤은 ㉢이 DNA 복제를 거쳐 형성된 세포이다. 따라서 ㉢은 0, ㉤은 2, ㉦는 1이다. 감수 1분열에서 성 염색체의 비분리가 일어나 세포 III은 성염색체가 없고 세포 IV는 X와 Y 염색체를 모두 가진다. 따라서 ㉡는 2이다. ㉢ + ㉤ = 0 + 2 = 2이고, ㉡ + ㉦ = 2 + 1 = 3이다.

ㄷ. ㉢의 염색체 수는 3으로 정상적인 생식세포와 같지만, 성염색체 X와 Y가 모두 있고, 감수 2분열에서 상염색체 비분리가 일어나 상염색체는 정상보다 1개 적다.

**바로알기** ㄴ. ㉢이 IV라면 감수 1분열에서 성염색체 비분리, 감수 2분열에서 상염색체 비분리로 인해 H와 h는 둘 다 0이거나, 둘 중 하나가 2여야 한다. 하지만 H가 1이므로 ㉢은 IV가 아니고 I이다.

## 6 염색체 비분리와 사람의 유전

### [선택지 분석]

- ㉠ 남자 B와 정자 E가 수정되어 영희가 태어났다.
- ㉢ 영희의 적록 색맹 대립유전자는 부모에게서 1개씩 물려받은 것이다. 어머니에게서 2개
- ㉤ 영희의 핵형은 정상 여자와 같다.

ㄱ. 정상인 부모에게서 적록 색맹인 영희가 태어났으므로 어머니가 적록 색맹 대립유전자  $X^r$ 를 가지며, 어머니의 난자 형성 과정 중 감수 2분열에서 성염색체 비분리가 일어나  $22+X^rX^r$ 인 난자 B가 생성되었음을 알 수 있다. 영희의 염색체 수는 정상이므로 아버지에게서 상염색체를 22개만 물려받았을 것이다. 따라서 난자 B와 정자 E가 수정되어 영희가 태어났다. 아버지의 정자 형성 과정 중 감수 2분열에서 성염색체 비분리가 일어나 성염색체를 가지지 않는 정자 E가 형성되었다.

ㄷ. 영희는 X 염색체를 어머니에게서 2개 물려받았다는 것만 다를 뿐 핵형은 정상 여자와 같다.

**바로알기** ㄴ. 영희의 적록 색맹 대립유전자는 2개 모두 어머니에게서 물려받은 것이다. 아버지에게서 정상 대립유전자를 물려받으면 영희는 적록 색맹을 나타내지 않는다.

## 7 염색체 비분리와 사람의 유전

### [자료 분석]

구성원	성별	형질 ㉠	형질 ㉡
아버지	남	$\times HH^*$	$\bigcirc X^R Y$
어머니	여	$\times HH^*$	$\times X^{R^*} X^{R^*}$
자녀 1	남	$\times HH^*$ 또는 $\times HH^*$	$\times X^R Y$
자녀 2	여	$\bigcirc H^* H^*$	$\bigcirc X^{R^*} X^{R^*}$
자녀 3	남	$\times HH^*$ 또는 $\times HH^*$	$\bigcirc X^R X^{R^*} Y$
자녀 4	남	$\bigcirc H^* H^*$	$\times X^{R^*} Y$

( $\bigcirc$ : 발현됨,  $\times$ : 발현되지 않음)

형질 ㉡은 우성, 성염색체(X 염색체) 유전

- 부모는 형질 ㉠이 나타나지 않는데 딸인 자녀 2는 ㉠이 나타났다.  $\Rightarrow$  ㉠은 열성 형질이며, 유전자가 상염색체에 있다.
- ㉡을 결정하는 유전자는 X 염색체에 있다.
- ㉡이 열성 형질이라면 어머니의 유전자형이 동형 접합성이므로  $X^{R^*} Y \times X^{R^*} X^{R^*} \rightarrow X^{R^*} X^{R^*}, X^{R^*} X^{R^*}, X^R Y, X^R Y$ 가 되어 어머니의 X 염색체를 물려받는 자녀 2도 ㉡이 발현되지 않아야 하는데 자녀 2에서 ㉡이 발현되었다.  $\Rightarrow$  ㉡은 우성 형질이다.
- 자녀 3은 아들인데 어머니와 달리 ㉡이 나타나므로 아버지의 X 염색체를 물려받았다.

### [선택지 분석]

- ㉢ 형질 ㉠을 나타내게 하는 대립유전자는  $H^*$ 이고, 형질 ㉡을 나타내게 하는 대립유전자는  $R$ 이다. R
- ㉤ ㉢은 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 정자이다.
- ㉤ 클라인펠터 증후군을 나타내는 구성원은 자녀 4이다. 자녀 3

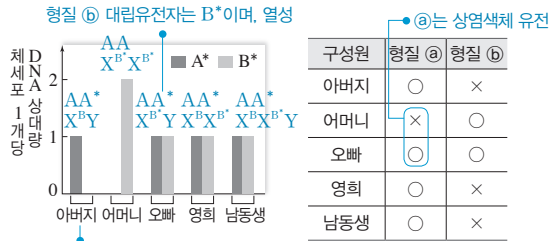
ㄴ. ㉡은 유전자가 X 염색체에 있으며, 우성 형질이다. 반성유전에서 아들은 어머니의 열성 형질을 물려받으므로 아들은 어머니와 같이 모두 ㉡이 발현되지 않아야 하는데, 아들인 자녀 3에서 ㉡이 발현되었으므로 자녀 3은 아버지에게서 Y 염색체와 함께 우성 대립유전자 R가 있는 X 염색체를 물려받았다는 것을 알 수 있다. 따라서 생식세포 ㉢은 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 성염색체 X와 Y를 모두 가지는 정자이다.

**바로알기** ㄱ. 열성인 형질 ㉠ 대립유전자는  $H^*$ 이고, 우성인 형질 ㉡ 대립유전자는 R이다.

ㄷ. 자녀 3은 아버지에게서 성염색체 X와 Y, 어머니에게서 성염색체 X를 물려받아 염색체 구성이  $44+XXY$ 가 되므로 클라인펠터 증후군을 나타낸다.

## 8 염색체 비분리와 사람의 유전

### [자료 분석]



형질 ③ 대립유전자는 A\*이며, 우성

- 남녀 모두 A\*가 1개만 있어도 형질 ③이 발현되며, 어머니는 A\*가 없는데 오빠는 A\*를 가진다. → A\*는 형질 ③ 대립유전자이며 우성이고, 상염색체에 있다.
- 여자는 B\*가 2개 있을 때 형질 ⑥이 발현되지만, 남자는 B\*가 1개만 있어도 형질 ⑥이 발현된다. → B\*는 형질 ⑥ 대립유전자이며 열성이고, X 염색체에 있다.
- 영희의 남동생은 B\*가 있지만 형질 ⑥이 발현되지 않았다. → 남동생은 정자가 형성될 때 발생한 염색체 비분리로 B를 가지는 X 염색체를 하나 더 가지고 있다.

### [선택지 분석]

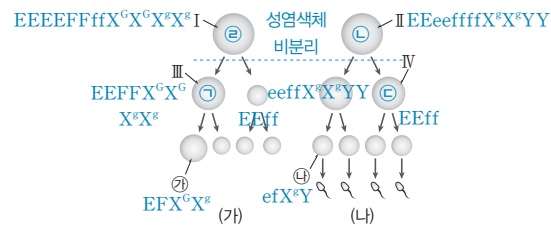
- ㉠ A\*는 A에 대해 우성이다.
- ㉡ 영희와 남동생의 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 1로 같다.
- ㉢ ③과 ⑥ 중 ⑥만 발현된 남자와 영희 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ③, ⑥이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.  $\frac{1}{4}$

㉠. AA\*인 영희에게서 형질 ③이 나타났으므로 A\*는 우성이다.  
 ㉡. 영희의 유전자형은 X<sup>B</sup>X<sup>B</sup>이고, 남동생은 어머니에게서 X<sup>B</sup>를, 아버지에게서 Y 염색체와 함께 X<sup>B</sup>를 물려받아 염색체 구성이 44+X<sup>B</sup>X<sup>B</sup>Y이므로 형질 ⑥이 발현되지 않는다. 따라서 영희와 남동생은 체세포 1개당 B의 DNA 상대량이 1로 같다.

㉢. 형질 ⑥만 발현된 남자의 형질 ③, ⑥의 유전자형은 AA X<sup>B</sup>Y이다. 따라서 이 남자와 영희 사이에서 태어난 아이가 형질 ③을 나타낼 확률은 AA × AA\* → AA, AA, AA\*, AA\*이므로  $\frac{1}{2}$ 이고, 형질 ⑥을 나타낼 확률은 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 아이에게서 ③, ⑥이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

## 9 염색체 비분리

### [자료 분석]



세포	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
③ III	? 2	0	2	0	2	④ 2
④ II	2	2	0	4	0	? 2
⑤ IV	⑥ 2	0	? 0	2	? 0	0
⑥ I	4	0	⑦ 2	2	? 2	2

④과 ⑥은 E와 e, F와 f의 DNA 상대량 합이 각각 4이다. → ④과 ⑥은 I 또는 II이고, E와 e, F와 f는 상염색체에 있다.

### [선택지 분석]

- ㉠ ④은 III이다. IV
- ㉡ ④ + ⑥ + ⑦ = 6이다.
- ㉢ 성염색체 수는 ⑦ 세포와 ④ 세포가 같다.

I ~ IV는 중기의 세포이므로 DNA가 복제된 상태이며, I과 II는 핵상이 2n, III과 IV는 감수 1분열로 형성되므로 핵상이 n이다. 핵상이 2n인 세포는 대립유전자 쌍을 모두 가지며, 핵상이 n인 세포는 대립유전자 쌍 중 하나씩만 가진다. 따라서 대립유전자의 DNA 상대량 합이 4인 경우가 있는 ④과 ⑥이 각각 I과 II 중 하나이다.

㉠이 분열되어 형성되는 세포는 대립유전자의 DNA 상대량이 ④의 반인데 ⑦은 f를 가지지 않고 ⑥은 f를 가지므로 ④이 분열하여 형성되는 세포는 ⑥이며, ⑥은 2이다. ④이 G를 가지지 않으므로 ⑥도 G를 가지지 않는데, ⑥이 g도 가지지 않으므로 g가 X 염색체에 있어 성염색체 비분리에 의해 ⑥으로 이동하지 않았음을 알 수 있다.

㉡이 분열되어 형성되는 세포는 ⑦인데 ⑦에서 F와 G의 DNA 상대량이 각각 2이므로 ⑥은 2이고, ⑥에서 G의 DNA 상대량도 2이다. 따라서 ⑥은 G와 g를 모두 가지므로 성염색체 구성이 XX인 암컷의 세포이고, ④은 XY인 수컷의 세포이다. 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 g가 있는 염색체를 2개 가지는 세포가 형성되므로 ④은 2이다.

I과 III은 암컷의 세포이므로 I은 ⑥이고, III은 ⑦이다. 또 II와 IV는 수컷의 세포이므로 II는 ④이고, IV는 ⑥이다.

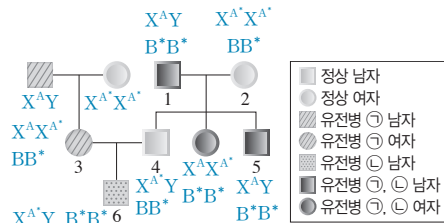
㉢. ④ + ⑥ + ⑦ = 2 + 2 + 2 = 6이다.

㉣. 감수 1분열에서의 성염색체 비분리로 III은 X 염색체를 2개 가지므로 III으로부터 형성된 ⑦ 세포도 X 염색체를 2개 가진다. 또, 감수 1분열에서의 성염색체 비분리로 IV는 성염색체를 가지지 않으므로, ④의 모세포는 X 염색체와 Y 염색체를 모두 가져 ④도 X 염색체와 Y 염색체를 모두 가진다. 따라서 ⑦ 세포와 ④ 세포에서 성염색체 수는 2로 같다.

㉤. ④은 f를 가지므로 ④으로부터 분열된 세포이고, 핵상이 n이다. 따라서 ④은 IV이다.

## 10 염색체 비분리와 사람의 유전

### [자료 분석]



- 1과 2는 ④에 대한 대립유전자를 한 종류만 갖는데 아들 4는 어머니 2와 같은 정상이고, 딸은 아버지 1과 같은 유전병 ④을 나타낸다. → ④ 유전자는 X 염색체에 있고, 유전병 ④은 우성이다.
- 3과 4는 정상인데, 아들 6은 유전병 ④을 나타낸다. → 유전병 ④은 열성이며, 3과 4는 ④ 대립유전자를 가진다.
- 5는 아버지에게서 Y 염색체와 함께 ④ 대립유전자가 있는 X 염색체를 물려받았는데, 핵형은 정상이므로 어머니에게서는 성염색체를 물려받지 않았다. → 정자 ④의 염색체 구성은 22+XY이고, 난자 ④의 염색체 구성은 22이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ ④가 형성될 때 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.  
 ✕ ㉡에는 대립유전자 B가 있다. B\*  
 ㉢ 6의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 유전병 ㉠과 ㉡이 모두 나타날 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

ㄱ. 유전병 ㉠은 우성이므로 A가 ㉠ 대립유전자이고, A\*가 정상 대립유전자이다. 5는 핵형은 정상이고 유전병 ㉠을 나타내므로 X<sup>A</sup>Y이다. 정자 ④는 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 X와 Y 염색체를 모두 가지며, 난자 ⑥는 성염색체를 가지지 않는다.

ㄴ. 3은 유전병 ㉠을 나타내지만 어머니가 정상이므로 유전자형이 X<sup>A</sup>X<sup>A\*</sup>이다. 3과 4 사이에서 태어난 아이가 유전병 ㉠을 나타낼 확률은  $X^A X^{A*} \times X^{A*} Y \rightarrow X^A X^{A*}, X^{A*} X^{A*}, X^A Y, X^{A*} Y$ 이므로  $\frac{1}{2}$ 이고, 유전병 ㉡을 나타낼 확률은  $BB^* \times BB^* \rightarrow$

$BB, BB^*, BB^*, B^* B^*$ 이므로  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 이 아이에게서 유전병 ㉠과 ㉡이 모두 나타날 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 5는 열성 형질인 유전병 ㉡을 나타내므로 유전자형이 B\*B\*이다. 따라서 정자 ④와 난자 ⑥의 상염색체에는 각각 대립유전자 B\*가 있다.

## 11 염색체 수 이상에 의한 유전병

### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠은 성염색체가 없는 정자이다.  
 ㉡ A는 터너 증후군을 나타낸다.  
 ✕ A의 핵형 분석 결과로 페닐케톤뇨증 여부를 알 수 있다. 없다.

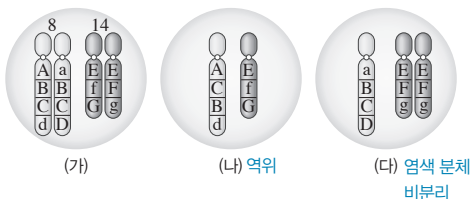
부모는 정상인데 A는 유전병을 나타내므로 정상은 우성 형질이고, 유전병은 열성 형질이다. 유전병인 A는 X 염색체를 하나만 가지고, 유전병을 결정하는 유전자는 성염색체에 있으므로 유전병 유전자는 X 염색체에 있다.

ㄱ. 유전병 유전자는 X 염색체에 있고 열성이므로 어머니는 유전병 대립유전자를 하나 가진다. A가 유전병을 나타내려면 하나의 X 염색체에 유전병 대립유전자가 있어야 하므로 이것은 어머니에게서 물려받은 것이다. 따라서 ㉠은 성염색체가 없는 정자이다.  
 ㄴ. A는 염색체 구성이 44+X이므로 터너 증후군을 나타낸다.

바로알기 ㄴ. 페닐케톤뇨증은 유전자 이상에 의한 유전병이므로 핵형 분석으로는 알 수 없다.

## 12 염색체 구조 이상

### |자료 분석|



- (나): 유전자 순서가 'B-C'에서 'C-B'로 바뀌었다.  
 • (다): 유전자가 'E-F-g'로 같은 염색체가 2개 있으므로 염색 분체가 비분리되었다.

### |선택지 분석|

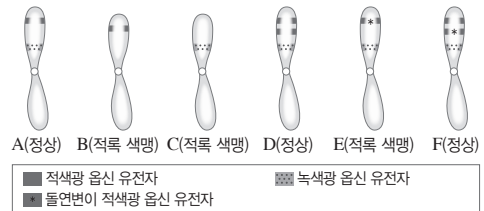
- ✕ (나)와 정상 생식세포의 결합으로 형성된 수정란의 핵상은  $2n+1$ 이다.  $2n$   
 ㉡ (나)가 형성될 때 8번 염색체에서 역위가 일어났다.  
 ㉢ (다)가 형성될 때 감수 2분열에서 14번 염색체의 비분리가 일어났다.

ㄴ. (나)에서 8번 염색체의 유전자 순서가 'B-C'에서 'C-B'로 바뀌어 있으므로 (나)가 형성될 때 8번 염색체에서 역위가 일어났다.  
 ㄴ. (다)는 유전자 구성이 같은 14번 염색체가 2개 있으므로 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 염색 분체가 비분리된 것이다.

바로알기 ㄱ. (나)는 핵상이  $n$ 이고, 정상 생식세포의 핵상도  $n$ 이므로 이들의 결합으로 형성된 수정란의 핵상은  $2n$ 이다.

## 13 염색체 구조 이상과 사람의 유전

### |자료 분석|



- B, C, E: 적색광 흡수 유전자와 녹색광 흡수 유전자 중 하나라도 없으면 적록 색맹이다.  
 • A, D, F: 적색광 흡수 유전자와 녹색광 흡수 유전자가 각각 1개 이상 있으면 정상이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ X 염색체에 결실이 생기면 적록 색맹이 될 수 있다.  
 ✕ 돌연변이 적색광 흡수 유전자를 가지는 남자는 반드시 적록 색맹을 나타낸다.  
 ✕ B와 보인자인 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹인 아들일 확률은 50%이다. 25%

ㄱ. X 염색체에 결실이 생겨 B와 C에서처럼 녹색광 흡수 유전자나 적색광 흡수 유전자가 사라지면 적록 색맹이 될 수 있다.

바로알기 ㄴ. 돌연변이 적색광 흡수 유전자를 가지더라도 정상인 적색광 흡수 유전자와 녹색광 흡수 유전자를 모두 가지면 정상이다.

ㄴ. 적록 색맹인 B와 보인자인 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹인 아들일 확률은  $X^r Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^r, X^r X^r, X^R Y, X^r Y$ 이므로  $\frac{1}{4} \times 100 = 25(\%)$ 이다.

## 14 유전자 이상에 의한 유전병

### |선택지 분석|

- ㉠ 남녀 모두에서 나타날 수 있다.  
 ㉡ 유전병 A 환자의 핵형은 정상인과 같다.  
 ✕ 유전병 A 환자는 11번 염색체에 구조적 이상이 나타난다. 유전자

ㄱ. 11번 염색체는 상염색체이므로 유전병 A는 남녀 모두에서 나타날 수 있다.

ㄴ. 유전병 A는 유전자의 DNA 염기 서열 일부가 달라진 것이 원인이므로 유전병 A 환자는 정상인과 핵형이 같다.

바로알기 ㄴ. 유전병 A는 유전자 이상에 의해 나타난다.

# V 생태계와 상호 작용

## 12 생태계

### 개념 확인 문제

본책 143쪽

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○    2 (1) ㄱ (2) ㄷ, ㅅ, ㄱ (3) ㄷ, ㄱ, ㄱ  
3 (1) (나) (2) (가) (3) (다)    4 빛(빛의 세기)

- 1 (1) 개체군은 같은 종의 개체가 일정한 지역에서 무리를 이루어 사는 집단이다.  
(2) 군집은 여러 종의 개체군으로 구성된다.  
(3) 생태계는 군집을 이루는 각 개체군이 다른 개체군 및 비생물적 요인과 영향을 주고받으며 살아가는 체계이다.
- 2 (1) 광합성을 하는 식물인 벼(ㄱ)가 생산자에 속한다.  
(2) 다른 생물을 먹어서 유기물과 에너지를 얻는 사자(ㄷ), 토끼(ㅂ), 메뚜기(ㄱ)가 소비자에 속한다.  
(3) 다른 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하여 에너지를 얻는 세균(ㄷ)과 곰팡이(ㅇ)가 분해자에 속한다.  
(4) 빛(ㄴ)과 온도(ㄹ)는 생물을 둘러싸고 있는 비생물적 요인이다.
- 3 (가)는 비생물적 요인이 생물에게 영향을 주는 것, (나)는 생물이 비생물적 요인에게 영향을 주는 것, (다)는 생물이 서로 영향을 주고받는 것이다.  
(1) 두더지(생물)가 토양(비생물적 요인)의 통기성에 영향을 준 것이다.  
(2) 일조량(비생물적 요인)이 식물(생물)의 광합성에 영향을 준 것이다.  
(3) 풀과 토끼는 모두 생물이므로 생물이 서로 영향을 주고받는 것이다.
- 4 강한 빛을 받는 양엽은 약한 빛을 받는 음엽보다 오히려 조직이 발달하여 잎이 두껍다.

### 수능 자료 마스터

본책 144쪽

#### 자료 1 ①

1. ㄱ. 곰팡이는 다른 생물의 사체와 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하여 에너지를 얻는 분해자이다. 분해자는 무기물을 비생물 환경으로 돌려보내 물질 순환이 일어나게 한다.
- 바로알기 ㄴ. 숲의 나무(생물)가 하천의 수량(비생물적 요인)에 영향을 주는 것은 생물이 비생물적 요인에게 영향을 주는 ㉠에 해당한다.

ㄷ. 일조량(비생물적 요인)이 식물(생물)의 광합성량에 영향을 주는 것은 비생물적 요인이 생물에게 영향을 주는 ㉠에 해당한다. ㉡은 생산자가 소비자에게 영향을 주는 것이다.

### 수능 2점 다지기

본책 145쪽

- 1 ④    2 ④    3 ①    4 ②

### 1 개체군, 군집, 생태계

#### |선택지 분석|

- ① A    ② B    ③ A, B  
④ A, C    ⑤ B, C

- 학생 A, 학생 C: 개체군은 일정한 지역에서 같은 종의 개체가 무리를 이루어 생활하는 집단이고, 군집은 일정한 지역에서 여러 개체군이 모여 생활하는 집단이며, 생태계는 군집을 이루는 각 개체군이 다른 개체군 및 비생물적 요인과 영향을 주고받으며 살아가는 체계를 말한다.

바로알기 • 학생 B: 개체군은 한 종으로 구성되고, 군집은 여러 종으로 구성된다.

### 2 생물적 요인

#### |선택지 분석|

- ㉠ (가)에서 사슴 개체군과 토끼 개체군이 모여 하나의 군집을 형성할 수 있다.  
㉡ (나)는 무기물을 이용해 유기물을 합성한다. (다) 생산자  
㉢ 해조류는 (다)에 속한다.

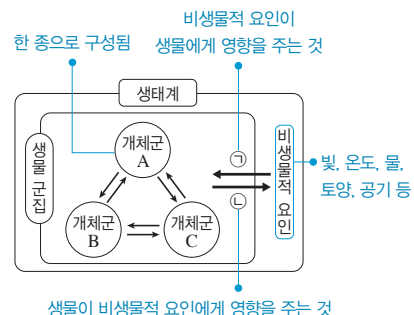
ㄱ. 동물로 구성된 (가)는 다른 생물을 먹어서 에너지를 얻는 소비자이고, 세균과 버섯으로 구성된 (나)는 분해자이다. 식물과 식물 플랑크톤으로 구성된 (다)는 생산자이다. 사슴과 토끼는 서로 다른 생물종이므로 사슴 개체군과 토끼 개체군이 모여 하나의 군집을 이룰 수 있다.

ㄷ. 해조류는 빛에너지를 이용해 광합성을 하는 생산자(다)이다.

바로알기 ㄴ. 분해자는 다른 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하여 비생물 환경으로 돌려보낸다. 무기물을 이용해 유기물을 생산하는 생물은 생산자(다)이다.

### 3 생태계 구성 요소 간의 관계

#### |자료 분석|





### [선택지 분석]

- ㉠ 일조 시간이 식물의 개화에 영향을 주는 것은 ㉠에 해당한다.  
 ✕ 분해자는 비생물적 요인에 해당한다. 생물적 요인(생물 군집)  
 ✕ 개체군 A는 여러 종으로 구성되어 있다. 한 가지 종

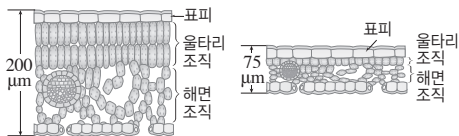
㉠. 일조 시간이 식물의 개화에 영향을 주는 것은 비생물적 요인(일조 시간)이 생물(식물)에게 영향을 주는 것이므로 ㉠에 해당한다.

바로알기 ㉡. 분해자는 생물적 요인(생물 군집)이며, 다른 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하여 비생물 환경으로 돌려보낸다.

㉡. 개체군은 일정한 지역에서 같은 종의 개체가 무리를 이루어 살아가는 집단이므로 개체군 A는 한 가지 종으로 구성된다.

## 4 빛과 생물

### [자료 분석]



(가) 양엽: 윗면이 넓어 빛을 많이 받는다. → 강한 빛에 적응한 결과이다.  
 (나) 음엽: 윗면이 좁고 넓어 빛을 많이 받는다. → 약한 빛에 적응한 결과이다.

### [선택지 분석]

- ✕ (가)는 약한 빛을 효율적으로 흡수한다. (나)  
 ㉡ (가)는 (나)보다 윗면 조직이 발달되어 있어 빛이 두껍다.  
 ✕ (가)보다 (나)에서 광합성이 활발하게 일어난다. (나)보다 (가)에서

㉡. 한 식물 개체에서도 강한 빛을 받는 양엽(가)은 약한 빛을 받는 음엽(나)보다 윗면 조직이 발달하여 빛이 두껍다.

바로알기 ㉢. 약한 빛을 효율적으로 흡수하기 위해 잎이 넓고 얇게 발달한 것은 음엽(나)이다.

㉢. 양엽(가)이 음엽(나)보다 윗면 조직이 발달되어 있으므로 음엽(나)보다 양엽(가)에서 광합성이 활발하게 일어난다.

## 수능 3점 공부하기

본책 146쪽~147쪽

- 1 ㉠ 2 ㉡ 3 ㉠ 4 ㉡ 5 ㉠ 6 ㉡  
 7 ㉡ 8 ㉠

## 1 생태계 구성 요소 간의 관계

### [선택지 분석]

- ✕ 생태적 지위가 중복되는 여러 종의 새가 서식지를 나누어 사는 것은 ㉠에 해당한다. ㉡  
 ㉡ 위도에 따라 식물 군집의 분포가 달라지는 현상은 ㉡에 해당한다.  
 ㉢ 곰팡이는 생물 군집에 속한다.

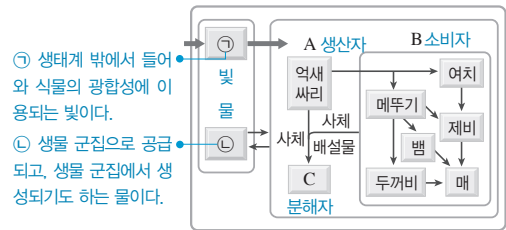
㉡. 위도에 따라 기온과 강수량의 차이로 식물 군집의 분포가 달라지는 현상은 비생물적 요인(기온, 강수량)이 생물에 영향을 준 것이다.

㉢. 곰팡이는 분해자이므로 생물 군집(생물적 요인)에 속한다.

바로알기 ㉣. 생태적 지위가 중복되는 여러 종의 새가 서식지를 나누어 사는 것은 분서로 군집 내 개체군 간의 상호 작용(㉡)에 해당한다.

## 2 생태계의 구성

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ A의 광합성에 ㉠이 이용되고, A의 세포 호흡 결과 ㉡이 생성된다.  
 ㉡ 버섯과 곰팡이는 모두 C에 속한다.  
 ㉢ A에서 B로 유기물이 이동한다.

㉠. ㉠은 생산자(A)의 광합성에 이용되는 빛이며, 생산자가 세포 호흡을 하면 이산화 탄소와 물(㉡)이 생성된다.

㉡. 버섯과 곰팡이는 사체와 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하는 분해자(C)에 속한다.

㉢. 소비자(B)가 생산자(A)를 먹이로 섭취하므로 생산자(A)에서 소비자(B)로 유기물이 이동한다.

## 3 생태계 구성 요소 간의 관계

### [선택지 분석]

- ✕ 개체군 A는 최소 두 종 이상으로 구성된다. 한 종으로  
 ㉡ 생물 군집의 구성 요소는 생산자, 소비자, 분해자이다.  
 ㉢ 외래 어종과 토종 어종 간의 경쟁은 상호 작용에 해당한다.  
 ㉣ 강수량 감소에 의해 옥수수 생장이 저해되는 것은 (가)에 해당한다.  
 ㉤ 지의류에 의해 바위의 토양화가 촉진되는 것은 (나)에 해당한다.

㉡. 생물 군집의 구성 요소는 생태계에서의 역할에 따라 생산자, 소비자, 분해자로 구분된다.

㉢. 외래 어종과 토종 어종 간의 경쟁은 생물이 서로 영향을 주고 받는 상호 작용에 해당한다.

㉣. 강수량(비생물적 요인) 감소에 의해 옥수수(생물)의 생장이 저해되는 것은 비생물적 요인이 생물에 영향을 준 (가)에 해당한다.

㉤. 지의류(생물)에 의해 바위(비생물적 요인)의 토양화가 촉진되는 것은 생물이 비생물적 요인에게 영향을 준 (나)에 해당한다.

바로알기 ㉥. 개체군은 일정한 지역에서 같은 종의 개체가 무리를 이루어 생활하는 집단이므로 한 종으로 구성된다.

## 4 생태계 구성 요소 간의 관계

### [선택지 분석]

- ✕ (가)의 예에서 A는 생산자에 속한다. 소비자  
 ✕ (나)의 예에서 B는 온도이다. 빛(빛의 세기)  
 ㉢ 호랑이가 배설물로 자기 영역을 표시하는 것은 (다)의 예에 해당한다.

(가)는 생물(지렁이)이 비생물적 요인(토양)에, (나)는 비생물적 요인(빛)이 생물(식물)에게 영향을 준 예이다. 따라서 A는 생물적 요인이고, B는 비생물적 요인이다.

ㄷ. 호랑이가 배설물로 자기 영역을 표시하는 것은 다른 생물의 접근을 막기 위한 행동이므로 생물이 다른 생물에게 영향을 주는 (다)의 예에 해당한다.

**바로알기** ㄱ. (가)의 예에서 생물적 요인에 해당하는 지렁이는 다른 생물을 먹이로 하여 유기물과 에너지를 얻는 소비자에 속한다. ㄴ. B는 비생물적 요인이다. 음식 식물이 양지 식물보다 빛이 약한 곳에서도 잘 자라는 것은 음식 식물의 잎이 얇고 넓어 잎이 받는 빛의 양과 빛 투과율을 높여 약한 빛을 효율적으로 흡수할 수 있기 때문이다. 이는 비생물적 요인 중 빛(빛의 세기)에 영향을 받은 예이다.

## 5 생태계의 구성 및 환경과 생물의 관계

### [선택지 분석]

- ✕ 녹조류, 홍조류, 갈조류는 모두 소비자이다. **생산자**
- ㉠은 비생물적 요인 중 온도의 영향으로 나타난 현상이다.
- ㉡ 개구리가 겨울잠을 자는 것은 ㉠의 원인이 되는 비생물적 요인이 생물에게 영향을 준 예이다.

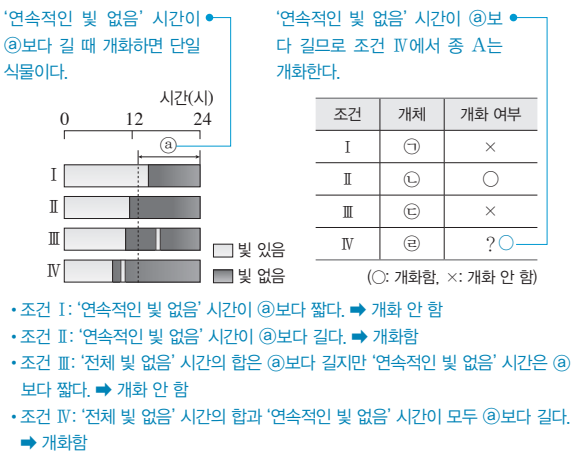
ㄴ. 바다의 온도가 높아져 녹조류와 홍조류가 사라진 것이므로 ㉠은 비생물적 요인(온도)이 생물(녹조류, 홍조류)에게 영향을 준 예이다.

ㄷ. 개구리는 겨울에 체온이 낮아져 물질대사가 원활하게 일어나지 않아 겨울잠을 잔다. 이는 비생물적 요인(온도)이 생물(개구리)에게 영향을 준 것이므로 ㉠이 나타나는 원인(온도)과 같은 비생물적 요인의 영향을 받은 예이다.

**바로알기** ㄱ. 녹조류, 홍조류, 갈조류는 광합성을 통해 유기물을 합성하는 생산자이고, 바다가구아나는 해조류를 먹이로 하여 에너지를 얻는 소비자이다.

## 6 빛과 생물

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ IV에서 ㉣은 개화한다.
- ㉡ 일조 시간은 비생물적 요인이다.
- ✕ 종 A는 '빛 없음' 시간의 합이 ㉠보다 길 때 항상 개화한다. '연속적인 빛 없음' 시간이 ㉠보다 길 때 개화한다.

ㄱ. 종 A는 '연속적인 빛 없음' 시간이 ㉠보다 더 긴 조건 II에서 개화하였다. 조건 IV에서도 '연속적인 빛 없음' 시간이 ㉠보다 길므로 종 A는 개화할 것이다. 종 A는 '연속적인 빛 없음'의 시간이 일정 시간보다 길 때 개화하므로 단일 식물이다.

ㄴ. 일조 시간(빛)은 생물을 둘러싸고 있는 비생물 환경인 비생물적 요인이다.

**바로알기** ㄷ. 종 A는 조건 III에서 개화하지 않았으므로 '빛 없음' 시간의 합과는 무관하게 '연속적인 빛 없음'의 길이가 ㉠보다 길 때 개화한다는 것을 알 수 있다.

## 7 환경과 생물의 관계

### [선택지 분석]

- ✕ (가)는 생물이 비생물적 요인에게 영향을 준 예이다. **비생물적 요인이 생물에게**
- ㉡ (나)는 식물 군집이 온도와 강수량에 적응한 결과이다.
- ✕ 그림에서 나무의 잎은 (나)에서와 같은 비생물적 요인의 영향으로 위치에 따라 잎의 크기가 달라졌다. **빛의 세기**

ㄴ. 위도에 따라 식물 군집의 분포가 달라지는 것은 식물이 온도와 강수량에 적응한 결과이다.

**바로알기** ㄱ. 해조류의 분포가 바다의 깊이에 따라 달라지는 것은 바다의 깊이에 따라 투과되는 빛의 파장과 양이 다르기 때문이다. 따라서 (가)는 비생물적 요인(빛)이 생물(해조류)에게 영향을 준 예이다.

ㄷ. 나무의 아래쪽 잎이 위쪽 잎보다 넓은 것은 나무 아래쪽에서 빛을 효율적으로 흡수하기 위해서이다. 따라서 그림은 빛과 관련된 예이고, (나)는 온도와 관련된 예이다.

## 8 환경과 생물의 관계

### [자료 분석]

구분	예
빛(일조 시간)(가)	국화는 가을에 꽃이 핀다.
물(나)	선인장에는 저수 조직이 발달해 있다.
온도(다)	온대 지방의 활엽수는 가을이 되면 단풍이 든다.

- (가): 국화는 낮의 길이가 짧아지고 밤의 길이가 길어지는 가을에 꽃이 핀다.
- (나): 선인장과 같이 건조한 지역에 사는 식물은 물은 저장하는 저수 조직이 발달하여 물 손실을 보존한다.
- (다): 활엽수는 기온이 낮아지는 가을이 되면 단풍이 들고 잎을 떨어뜨린다.

### [선택지 분석]

- ✕ (가)는 온도이다. **빛(일조 시간)**
- ㉡ (나)의 예는 물이 생물에게 영향을 준 것이다.
- ✕ 피꼬리가 봄에 산란하는 것은 (다)가 생물에게 영향을 준 예이다. **(가) 빛(일조 시간)**

(가)는 빛, (나)는 물, (다)는 온도이다.

ㄴ. 선인장에 저수 조직이 발달해 있는 것은 사막과 같이 물이 부족한 환경에 적응한 결과이므로 (나)는 물이 생물에게 영향을 준 예이다.

**바로알기** ㄱ. 국화는 일조 시간이 짧아지는 가을에 꽃이 피므로 (가)는 빛이다.

ㄷ. 온대 지방의 활엽수는 온도가 낮아지는 가을이 되면 단풍이 들므로 (다)는 온도이다. 피꼬리는 일조 시간이 길어지는 봄에 알을 낳아 번식하는데, 이것은 빛(가)이 생물에게 영향을 준 예이다.

# 13 개체군과 군집

## 개념 확인 문제

본책 149쪽, 151쪽, 153쪽

- 1 (1) A: 이론상의 생장 곡선, B: 실제의 생장 곡선 (2) 환경 저항  
2 (1) ○ (2) × (3) ○ 3 (1) ㄷ (2) ㄴ (3) ㄱ (4) ㄹ (5) ㄷ  
4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ 5 (1) ㉔ (2) ㉕ (3) ㉖  
6 (1) 위도 (2) 고도 7 (1) 극상 (2) ㉕ 건성, ㉖ 습성 (3) ㉕ 1차,  
㉖ 지의류 (4) ㉕ 감소, ㉖ 양수림, ㉔ 음수림 (5) 초본류 8 (1) ㄴ  
(2) ㄴ (3) ㄷ (4) ㄷ (5) ㄹ (6) ㄱ

1 개체군이 생식 활동에 아무런 제약을 받지 않는다면 개체군의 개체 수는 계속 증가하며 J자 모양의 생장 곡선을 나타낼 것이다. 그러나 실제의 생장 곡선은 서식 공간 감소, 먹이 부족, 질병 등과 같은 환경 저항(가) 때문에 S자 모양을 나타낸다.

2 (1) 개체군의 밀도는 일정 공간에 서식하는 개체 수이며 개체군의 크기를 나타낸다.  
(2) 초기 사망률이 높아 성체로 성장하는 개체 수가 적은 생물은 Ⅲ형 생존 곡선을 나타낸다.  
(3) 발전형 연령 피라미드를 나타내는 개체군은 생식 전 연령층의 개체 수가 생식 연령층보다 많으므로 개체군의 크기가 점점 커진다.

3 (1) 기러기처럼 한 개체가 리더가 되어 개체군의 행동을 지휘하는 것을 리더제라고 한다.  
(2) 닭의 개체군처럼 개체들 사이에서 힘의 세기에 따라 서열을 정해 살아가는 것을 순위제라고 한다.  
(3) 은어처럼 각 개체가 일정한 서식 공간을 차지하고 다른 개체의 침입을 막는 것을 텃세라고 한다.  
(4) 사자처럼 혈연관계의 개체들이 무리 지어 생활하는 것을 가족 생활이라고 한다.  
(5) 꿀벌 개체군처럼 개체들이 업무를 분담하여 생활하는 것을 사회 생활이라고 한다.

4 (1) 군집 내에서는 먹이 사슬 여러 개가 복잡하게 얽혀 먹이 그물이 형성된다.  
(2) 생태적 지위에는 개체군이 먹이 사슬에서 차지하는 위치인 먹이 지위와 개체군이 차지하는 서식 공간인 공간 지위가 있다.  
(3) 방형구법에서 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 중요치가 가장 높은 종이 우점종이 된다.  
(4) 우점종은 아니지만 군집의 구조에 결정적인 영향을 미치는 종을 핵심종이라고 한다.  
(5) 삼림의 층상 구조에서 아래로 갈수록 빛의 세기가 약해지므로 위쪽에 분포하는 교목층에서는 강한 빛을 이용하여 광합성이 활발하게 일어나고 아래로 갈수록 약한 빛을 이용하여 광합성을 한다.

5 삼림은 일반적으로 강수량이 풍부하고 식물이 자라기 적당한 온도의 지역에 형성되며, 초원은 삼림보다 강수량이 적은 지역에 형성되고, 사바나가 이에 속한다. 사막은 강수량이 매우 적고 건조하여 식물이 자라기 어려운 지역에 형성된다.

6 수평 분포는 위도에 따른 기온과 강수량의 차이로, 수직 분포는 고도에 따른 기온의 차이로 다른 군집이 나타난다.

7 (1) 극상은 천이의 마지막 단계에서 식물 군집이 안정적으로 유지되는 상태로 대부분의 온대 지역에서는 음수림이 극상을 이룬다.  
(2) 1차 천이 중 용암 대지와 같이 건조한 곳에서 시작되는 것은 건성 천이이고, 호수와 같이 습한 곳에서 시작되는 것은 습성 천이이다.  
(3) 1차 천이는 생명체와 토양이 없는 불모지에서 시작되며, 일반적으로 개척자는 지의류이다.  
(4) 천이의 후기에 삼림이 발달하면서 지표에 도달하는 빛의 세기가 감소하므로 음수 묘목이 양수 묘목보다 잘 자란다. 따라서 양수림에서 혼합림을 거쳐 음수림으로 천이가 일어난다.  
(5) 2차 천이는 기존의 식물 군집이 산불 등으로 사라진 곳에서 시작되며, 일반적으로 개척자는 초본류이다.

8 (1) 한 생물종이 다른 생물종에게 피해를 주면서 살아가므로 벼룩과 동물은 기생 관계이다.  
(2) 고양이와 쥐는 포식과 피식 관계이다.  
(3) 황로는 들소가 이동할 때 풀숲에서 나오는 벌레를 쉽게 잡아 먹어 이익을 얻지만 들소는 이익도 손해도 없으므로, 황로와 들소는 편리공생 관계이다.  
(4) 먹이가 같은 두 종의 짙신벌레를 함께 배양하면 중간 경쟁이 일어나 경쟁에서 진 짙신벌레 종은 사라진다.  
(5) 말미잘과 흰동가리는 서로에게 이익을 주므로 상리 공생 관계이다.  
(6) 피라미와 은어는 서식 공간을 달리하여 경쟁을 피하는 분서의 예이다.

## 수능 자료 마스터

본책 154쪽~155쪽

자료 A 1 ③

자료 B 2 ①

자료 C 3 ④

1 ㄱ. A는 J자 모양이므로 환경 저항이 없을 때 개체 수가 기하급수적으로 증가하는 이론상의 생장 곡선이다.  
ㄴ. 개체 수 증가율은 그래프의 기울기에 해당하며, 환경 저항이 클수록 개체 수 증가율은 작아진다. B의 구간 I에서보다 구간 II에서 그래프의 기울기가 작으므로, 개체 수 증가율은 구간 I에서보다 구간 II에서 작고 환경 저항은 구간 I에서보다 구간 II에서 크다.

바로알기 ㄷ. 구간 I에서 그래프의 기울기가 A에서보다 B에서 작으므로 개체 수 증가율은 A에서보다 B에서 작다.

2 ㄱ. 호수에서 시작되는 천이이므로 1차 천이 중 습성 천이에 해당한다.

바로알기 ㄴ. 습성 천이는 빈영양호 → 부영양호 → 이끼류, 습원 → 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림의 순으로 진행되므로 A는 관목림, B는 양수림, C는 음수림이다. 지의류는 건성 천이의 개척자이다.

ㄷ. 음수가 양수보다 약한 빛에서 잘 자라므로 양수림(B)에서 음수림(C)으로 천이가 일어난다.

**3** ㄱ. 개체군은 하나의 종으로 구성된 집단이므로 개체군 A는 동일한 종으로 구성된다.

ㄴ. 종간 경쟁은 서로 다른 개체군이 생태적 지위가 비슷하여 먹이와 서식 공간을 차지하기 위해 경쟁하는 것으로 군집 내 개체군 사이의 상호 작용의 예이다.

**바로알기** ㄷ. (나)에서 종 ㉠과 ㉡의 최대 개체 수는 모두 단독 배양 시보다 혼합 배양 시에 많았으므로 ㉠과 ㉡ 사이에서 서로 이익을 얻는 상리 공생이 일어났다. 경쟁·배타는 종간 경쟁 시에 일어날 수 있다.

## 수능 2점 다지기

본책 156쪽~157쪽

- 1 ⑤    2 ④    3 ⑤    4 ②    5 ④    6 ①  
7 ①    8 ②

### 1 개체군의 성장 곡선

#### [선택지 분석]

- ㉠ B는 S자 모양 성장 곡선이다.  
㉡ B에서의 환경 저항은 구간 I보다 구간 II에서 크다.  
㉢ B에서 이 개체군의 밀도는 구간 I보다 구간 III에서 크다.

환경 저항이 작용하지 않는 이론적인 조건에서는 개체군의 성장 곡선이 J자 모양을 나타내지만, 환경 저항이 작용하는 실제 조건에서는 S자 모양을 나타낸다.

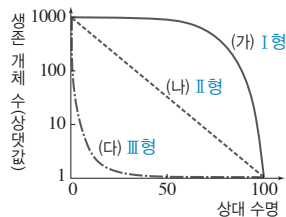
ㄱ. B는 개체 수가 증가할수록 환경 저항이 증가하여 나중에는 개체 수가 증가하지 않고 일정하게 유지되는 S자 모양의 성장 곡선이다.

ㄴ. 환경 저항이 커지면 개체 수 증가율이 작아지며, 개체 수 증가율은 그래프의 기울기로 알 수 있다. B에서 개체 수 증가율은 구간 I에서보다 구간 II에서 작으므로 환경 저항은 구간 I에서보다 구간 II에서 크다.

ㄷ. 일정 공간에 서식하는 개체 수가 많을수록 개체군의 밀도가 커진다. B에서 구간 I보다 구간 III에서 개체 수가 많으므로 개체군의 밀도도 크다.

### 2 개체군의 생존 곡선

#### [자료 분석]



- (가) I형: 적은 수의 자손을 낳지만 초기 사망률이 낮고 수명이 길다. ㉠ 대형 포유류  
• (나) II형: 각 연령대의 사망률이 비교적 일정하여 출생 이후 개체 수가 일정한 비율로 줄어든다. ㉡ 초식 동물류, 히드라, 기러기  
• (다) III형: 많은 수의 자손을 낳지만 초기 사망률이 높다. ㉢ 어패류

#### [선택지 분석]

- ㉠ 초기 사망률은 개체군 (가)가 (나)보다 낮다.  
㉡ III형에 해당하는 생존 곡선을 나타내는 개체군은 (다)이다.  
㉢ 자손의 수가 많은 종일수록 개체군 (다)보다 (가)와 유사한 생존 곡선을 나타낸다. (가)보다 (다)와

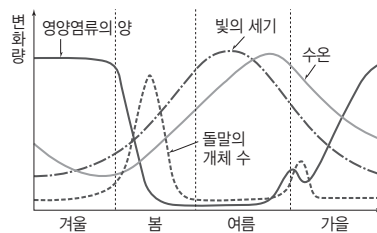
ㄱ. (가)는 (나)보다 초기에 개체 수가 감소되는 비율이 낮으므로 초기 사망률이 낮다.

ㄴ. III형은 많은 수의 자손을 낳지만 부모의 보살핌이 없어 초기 사망률이 높은 유형이므로 (다)가 III형을 나타내며, 굴이나 어류 등의 생존 곡선이 이에 해당한다.

**바로알기** ㄷ. 일반적으로 초기 사망률이 높은 개체군일수록 많은 수의 자손을 낳아 성체까지 생존하는 개체 수를 확보하려고 한다. 따라서 자손의 수가 많은 종일수록 III형에 가까운 생존 곡선을 나타낸다. (가)는 적은 수의 개체를 낳지만 부모의 보살핌으로 초기 사망률이 낮고, 수명이 길어 대부분 성체로 자라는 I형의 생존 곡선을 나타내며, (나)는 사망률이 비교적 일정하여 출생 이후 개체 수가 일정한 II형의 생존 곡선을 나타낸다. (다)는 많은 수의 자손을 낳지만 초기 사망률이 높은 III형의 생존 곡선을 나타낸다.

### 3 개체군의 주기적 변동

#### [자료 분석]



- 겨울: 영양염류의 양이 많지만 빛이 약하고 수온이 낮아 돌말의 개체 수가 증가하지 않는다.  
• 봄: 영양염류가 충분한 상태에서 빛의 세기가 강해지고 수온이 높아지므로 돌말의 개체 수가 증가한다.  
• 여름: 영양염류가 고갈되어 빛의 세기가 강하고 수온이 높아도 돌말의 개체 수가 적다.  
• 가을: 축적된 영양염류에 의해 일시적으로 돌말의 개체 수가 증가한다.

#### [선택지 분석]

- ㉠ 수온이 높으면 영양염류가 부족해도 돌말의 개체 수가 증가한다. 영양염류가 부족하면 돌말의 개체 수는 증가하지 못한다.  
㉡ 빛의 세기와 수온은 겨울에 돌말의 개체 수 증가에 대한 제한 요인으로 작용한다.  
㉢ 계절별 환경 요인에 의해 돌말의 개체 수가 주기적으로 변동한다.

ㄴ. 영양염류의 양이 많은 겨울에 돌말의 개체 수가 증가하지 않는 것은 빛의 세기가 약하고 수온이 낮기 때문이다. 즉, 겨울에는 빛의 세기와 수온이 돌말의 개체 수 증가에 대한 제한 요인으로 작용한다.

ㄷ. 계절에 따라 영양염류의 양, 빛의 세기, 수온의 영향으로 돌말의 개체 수가 변화하므로 이는 계절에 따른 주기적 변동에 해당한다.

**바로알기** ㄱ. 여름에는 수온이 높고, 빛의 세기가 강하지만 영양염류의 양이 부족하여 돌말의 개체 수가 증가하지 않는다.



#### 4 개체군 내의 상호 작용

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

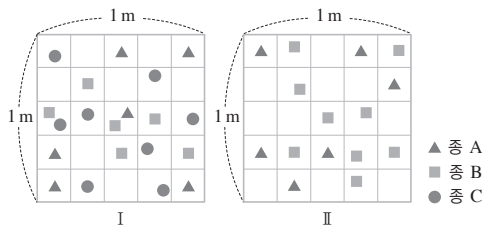
- ㉠ 스라소니는 눈신토끼를 잡아먹는다. **포식과 피식**
- ㉡ 호랑이는 배설물로 자기 영역을 표시한다. **터세**
- ㉢ 기러기는 한 마리가 리더가 되어 무리를 이끈다. **리더제**
- ㉣ 큰뿔양의 숫양은 뿔의 크기와 뿔 치기로 순위를 정한다. **순위제**
- ㉤ 여왕개미는 생식을 담당하고, 일개미는 먹이 획득을 담당한다. **사회생활**

㉡ 하천에서 은어가 세력권을 형성해 다른 개체의 침입을 막는 것은 터세에 해당한다. 호랑이가 배설물로 자기 영역을 표시하는 것 역시 일정한 서식 공간을 먼저 차지하고 다른 개체의 침입을 막는 터세에 해당한다.

**[바로알기]** ㉠은 군집 내 개체군의 상호 작용인 포식과 피식에 해당한다. ㉢은 한 개체가 리더가 되어 개체군의 행동을 지휘하는 리더제, ㉣은 개체들 간에 힘의 세기에 따라 서열을 정하는 순위제, ㉤은 개체들이 업무를 분담하여 생활하는 사회생활에 해당한다.

#### 5 방형구법을 이용한 식물 군집의 조사

##### [자료 분석]



구분	개체 수	출현 방형구 수	구분	개체 수	출현 방형구 수
A	6	6	A	6	6
B	6	6	B	9	9
C	8	8	C	0	0

##### [선택지 분석]

- ㉠ 식물의 종 수는 I에서 II에서보다 많다.
- ㉡ II에서 A는 B와 한 개체군을 이룬다. **다른 개체군**
- ㉢ A의 개체군 밀도는 I에서 II에서가 같다.

㉠. 방형구 I에는 A, B, C의 세 종이, 방형구 II에는 A, B의 두 종이 출현하였다. 따라서 식물의 종 수는 방형구 I에서 II에서보다 많다.

㉢. A의 개체군 밀도는 방형구 I과 II에서 모두  $\frac{6}{1} = 6(\text{개체 수}/\text{m}^2)$  이므로 A의 개체군 밀도는 방형구 I에서와 II에서가 같다.

**[바로알기]** ㉡. 개체군은 같은 종의 생물이 일정한 지역에서 무리를 이루어 생활하는 집단이다. 따라서 A와 B는 서로 다른 개체군을 이룬다.

#### 6 식물 군집의 천이

##### [선택지 분석]

- ㉠ A는 관목림이다.
- ㉡ 2차 천이를 나타낸 것이다. **1차 천이**
- ㉢ 이 지역의 식물 군집은 B에서 극상을 이룬다. **C(음수림)**

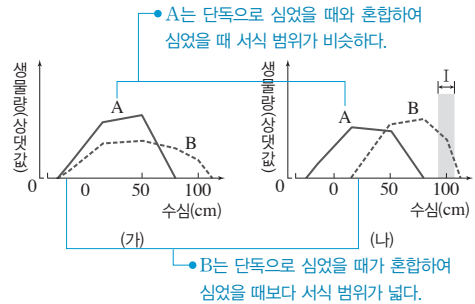
㉠. 1차 천이는 용암 대지 → 지의류(이끼류) → 초원 → 관목림(A) → 양수림(B) → 혼합림 → 음수림(C) 순으로 천이가 일어난다.

**[바로알기]** ㉡. 용암 대지에서 시작하므로 생명체와 토양이 없는 곳에서 시작되는 1차 천이 중 건성 천이이다. 2차 천이는 산불이나 산사태, 홍수 등으로 기존의 식물 군집이 없어진 후 초원부터 다시 시작되는 천이이다.

㉢. 이 지역의 식물 군집은 음수림(C)에서 극상을 이룬다.

#### 7 군집 내 개체군의 상호 작용

##### [자료 분석]



##### [선택지 분석]

- ㉠ B가 서식하는 수심의 범위는 (가)에서 (나)에서보다 넓다.
- ㉡ I에서 A가 생존하지 못한 것은 경쟁·배타의 결과이다. **I에서 A의 생존은 B와의 경쟁과 무관하다.**
- ㉢ (나)에서 A는 B와 한 개체군을 이룬다. **다른**

㉠. B는 (가)에서 수심 0 cm 이하에서도 서식하므로 (나)에서보다 넓은 범위에 서식한다.

**[바로알기]** ㉡. A는 단독으로 심었을 때(가)와 B와 혼합하여 심었을 때(나) 모두 I의 수심 범위에서 생존하지 못하기 때문에 I에서 A가 생존하지 못한 것은 B와의 경쟁과 무관하다.

㉢. A와 B는 서로 다른 종이므로 서로 다른 개체군을 이룬다.

#### 8 개체군 내의 상호 작용과 군집 내 개체군의 상호 작용

##### [선택지 분석]

- ㉠ A에서 경쟁에서 진 개체는 도태되어 사라진다. **종간 경쟁에서**
- ㉡ B에서는 모든 개체에 서열이 정해져 있다. **A(순위제)**
- ㉢ C는 분서이다.

A는 순위제, B는 리더제로 개체군 내의 상호 작용에 해당하며, C는 분서로 군집 내 개체군의 상호 작용에 해당한다.

㉢. 공간 지위가 비슷한 여러 종의 솔새가 경쟁을 피하기 위해 서식 공간을 달리하는 것은 분서이다.

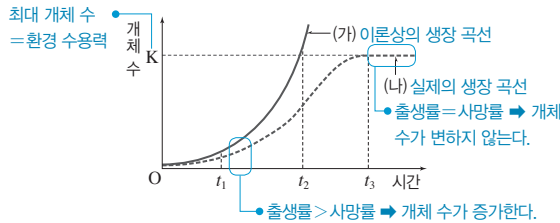
**[바로알기]** ㉠. 경쟁·배타 원리는 개체군 간의 경쟁 관계에서 나타난다. A는 한 개체군 내에서 일어나는 것이므로 경쟁·배타 원리가 적용되지 않는다.

㉡. 순위제(A)는 개체군 내의 모든 개체들에 서열이 정해져 있지만, 리더제(B)는 리더를 제외한 나머지 개체들 간에 서열이 없다.

1 ③	2 ③	3 ③	4 ②	5 ②	6 ④
7 ②	8 ①	9 ③	10 ⑤	11 ②	12 ③
13 ④	14 ②	15 ②	16 ①		

## 1 개체군의 성장 곡선

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ 서식 공간이 넓어지면 K가 작아진다. **커진다.**
- ✗ (가)에서  $t_1$ 일 때 출생률과 사망률이 같다. **출생률이 사망률보다 크다.**
- (나)에서  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 개체 사이의 경쟁이 심하다.

J자 모양 성장 곡선은 환경 저항이 작용하지 않을 때 나타나는 이론상의 성장 곡선이고, S자 모양 성장 곡선은 환경 저항이 작용할 때 나타나는 실제의 성장 곡선이다.

ㄷ. (나)에서  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 개체 수가 많으므로  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 개체군의 밀도가 높다. 개체군의 밀도가 높을수록 개체 사이에 경쟁이 심해지므로  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 개체 사이의 경쟁이 심하게 일어난다.

바로알기 ㄱ. K는 주어진 환경 조건에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기인 환경 수용력이다. 따라서 개체군의 서식 공간이 넓어지면 K가 커진다.

ㄴ. 이 개체군은 격리되어 있어 이입과 이출이 없다. 따라서 (가)에서  $t_1$ 일 때 개체 수가 증가하는 것은 출생률이 사망률보다 크기 때문이다.

## 2 개체군의 성장 곡선

### [선택지 분석]

- ㉠ A는 동일한 종으로 구성된다.
- ㉡ 구간 I에서 B는 환경 저항을 받는다.
- ✗  $t_1$ 에서 A의 개체군 밀도와  $t_2$ 에서 B의 개체군 밀도는 같다. **다르다.**

ㄱ. 개체군은 한 종으로 구성되므로 A는 동일한 종으로 구성된다.  
ㄴ. 구간 I에서 B는 환경 저항을 받으므로 개체 수가 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지된다.

바로알기 ㄷ. B의 서식지 ㉡의 면적은 A의 서식지 ㉠의 2배이다. 개체군의 밀도는  $\frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}(N)}{\text{개체군이 서식하는 공간의 면적}(S)}$ 로 구하므로

$t_1$ 에서 A의 개체군 밀도는  $\frac{200}{\text{㉠}}$ ,  $t_2$ 에서 B의 개체군 밀도는  $\frac{100}{2\text{㉡}} = \frac{50}{\text{㉠}}$ 이다. 따라서  $t_1$ 에서 A의 개체군 밀도는  $t_2$ 에서 B의 개체군 밀도의 4배이다.

## 3 연령 분포

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)의 연령 피라미드는 쇠퇴형이다.
- ㉡  $\frac{\text{생식 연령층의 개체 수}}{\text{생식 전 연령층의 개체 수}}$ 는 (다)보다 (나)에서 크다.
- ✗ 생식 후 연령층의 비율은 (다) > (나) > (가)이다. **(다) < (나) < (가)**

연령 피라미드에는 생식 전 연령층의 비율이 높아 개체군의 크기가 증가할 것으로 예상되는 발전형, 반대로 생식 전 연령층의 비율이 낮아 개체군의 크기가 감소할 것으로 예상되는 쇠퇴형, 생식 전 연령층과 생식 연령층의 비율이 비슷해 개체군의 크기 변화가 적을 것으로 예상되는 안정형이 있다.

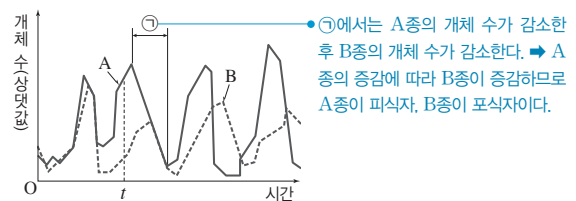
ㄱ. (가)는 시간에 따라 개체 수가 감소하고 있으므로 (가)의 연령 피라미드는 쇠퇴형이다.

ㄴ. (나)는 시간에 따른 개체 수의 변화가 거의 없으므로 안정형, (다)는 시간에 따라 개체 수가 증가하고 있으므로 발전형 연령 피라미드에 해당한다. 안정형 연령 피라미드(나)에서는 생식 전 연령층과 생식 연령층의 개체 수가 비슷하지만, 발전형 연령 피라미드(다)에서는 생식 전 연령층의 개체 수가 생식 연령층의 개체 수보다 많다. 따라서  $\frac{\text{생식 연령층의 개체 수}}{\text{생식 전 연령층의 개체 수}}$ 는 (다)보다 (나)에서 크다.

바로알기 ㄷ. 생식 후 연령층의 비율은 발전형 연령 피라미드에서 가장 작고, 쇠퇴형 연령 피라미드에서 가장 크다. 따라서 각 개체군에서 생식 후 연령층의 비율은 발전형(다) < 안정형(나) < 쇠퇴형(가)이다.

## 4 개체군의 주기적 변동

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✗ B는 생산자이다. **2차 소비자**
- ㉠ 구간 I에서는 A의 개체 수 감소로 B의 개체 수가 감소한다.
- ✗  $t$ 일 때 A와 B의  $\frac{\text{사망률}}{\text{출생률}}$ 은 모두 1보다 **크다. 작다.**

A가 증가하면 B도 증가하고 A가 감소하면 B도 감소하며, A의 개체 수가 B보다 많다. 따라서 A와 B는 포식과 피식의 관계이고, A는 피식자, B는 포식자이다.

ㄴ. ㉠에서는 피식자인 1차 소비자(A)의 개체 수 감소로 포식자인 2차 소비자(B)는 먹이가 부족해지므로 개체 수가 감소한다.

바로알기 ㄱ. A는 피식자, B는 포식자이고, A가 1차 소비자이므로 B는 1차 소비자를 잡아먹는 2차 소비자이다.

ㄷ.  $t$ 일 때 A와 B의 개체 수가 모두 증가하고 있으므로 사망률이 출생률보다 낮다. 따라서  $t$ 일 때 A와 B의  $\frac{\text{사망률}}{\text{출생률}}$ 은 모두 1보다 작다.

## 5 개체군 내의 상호 작용과 군집 내 개체군의 상호 작용

### [선택지 분석]

- ✕ 일개미가 시중 개미, 청소부 개미, 수렵 개미로 구분되는 것은 A에 해당한다. B(사회생활)
- ✕ 말미잘과 흰동가리 사이에서 C가 일어난다. A(상리 공생)
- Ⓒ '힘의 강약에 따라 서열이 정해진다.'는 ㉠~㉣ 중 (나)에서 빠진 특징에 해당한다.

순위제, 사회생활, 상리 공생, 포식과 피식 중 개체군 내에서 일어나는 상호 작용은 순위제와 사회생활이므로 '같은 종의 개체 사이에서 일어난다.'는 ㉠이고, 상호 작용하는 두 개체군이 모두 이익을 얻는 경우는 상리 공생이므로 '서로 다른 두 개체군 모두 이익을 얻는다.'는 ㉣이다. 따라서 A는 상리 공생, B는 사회생활, C는 포식과 피식이다.

㉡. ㉠~㉣ 중 (나)에서 빠진 특징은 ㉢으로, ㉢은 순위제와 사회생활을 구분하는 특징이다. 힘의 강약에 따라 서열이 정해지는 것은 순위제의 특징이므로 이 특징은 ㉢에 해당한다.

▶ **바로알기** ㄱ. 일개미가 역할에 따라 구분되는 것은 사회생활(B)에 해당한다.

ㄴ. 흰동가리는 말미잘의 보호를 받으며, 말미잘은 흰동가리가 유인한 먹이를 잡아 먹으므로 말미잘과 흰동가리 사이에서 상리 공생(A)이 일어난다.

## 6 개체군 내의 상호 작용과 군집 내 개체군의 상호 작용

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ (가)와 (나)는 모두 분서에 해당한다. (가)는 분서, (나)는 텃세이다.
- Ⓒ (가)에서 은어와 피라미의 생태적 지위가 많이 겹칠수록 두 종이 경쟁할 확률이 높아진다.
- Ⓒ (나)와 같이 활동 범위를 나눔으로써 불필요한 경쟁을 줄일 수 있다.

(가)는 생태적 지위가 비슷한 두 개체군이 서식지를 나누어 살아가므로 군집 내 개체군의 상호 작용인 분서에 해당하며, (나)는 한 개체군 내에서 각 개체가 활동 범위를 나누어 살아가므로 개체군 내의 상호 작용인 텃세에 해당한다.

ㄴ. 같은 하천에 사는 은어와 피라미는 먹이, 서식 공간 등과 같은 생태적 지위가 많이 겹칠수록 한정된 자원을 두고 두 종이 경쟁할 확률이 높아진다.

㉡. 분서와 텃세는 모두 불필요한 경쟁을 줄이기 위한 상호 작용이다.

▶ **바로알기** ㄱ. (가)는 군집 내 개체군의 상호 작용인 분서에 해당하고, (나)는 개체군 내의 상호 작용인 텃세에 해당한다.

## 7 식물 군집의 구조 조사

### [자료 분석]

$t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때 B의 밀도가 같으므로  $t_1$ 의 서식지 면적은  $t_2$ 의 80%이다.

시기	서식지 면적	A	B	C	D
$t_1$	? 80	86	48	55	11
$t_2$	100	80	60	55	55

총 개체 수 200  
총 개체 수 250

### [선택지 분석]

- ✕ B와 D는 서로 다른 군집에 속한다. 같은 군집
- ✕ A~D의 분포 비율은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 균등하다.  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다
- Ⓒ A와 C의 밀도는 모두  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 작다.

밀도는  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{서식지 면적}}$ 이며  $t_1$ 과  $t_2$ 에서 B의 밀도가 같으므로

$\frac{60}{100} = \frac{48}{t_1 \text{ 서식지 면적}}$ 이다. 따라서  $t_1$ 의 서식지 면적은 80이다.

㉡. 서식지 면적은  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 크고, A의 개체 수는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 작으며, C의 개체 수는  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같으므로 A와 C의 밀도는 모두  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 작다. 실제로  $t_1$ 에서 A의 밀도는  $\frac{86}{80} \approx 1.08$ , C의 밀도는  $\frac{55}{80} \approx 0.69$ 이고,  $t_2$

에서 A의 밀도는  $\frac{80}{100} = 0.8$ , C의 밀도는  $\frac{55}{100} = 0.55$ 이다.

▶ **바로알기** ㄱ. B와 D는 서로 다른 개체군에 속하지만 같은 지역에 서식하므로 같은 군집에 속한다.

ㄴ. A~D의 분포 비율은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 균등하다.

## 8 방형구법을 이용한 식물 군집의 조사

### [선택지 분석]

- ✕ A에서의 우점종은 ㉢이다. ㉠
- Ⓒ ㉠의 상대 밀도는 A에서 B에서보다 크다.
- ✕ A와 B에서 상대 밀도 가 가장 큰 종은 A의 ㉢이다. B의 ㉢

### [식물 군집 A의 분포]

구분	㉠	㉡	㉢
개체 수	10	9	11
출현 방형구의 수	10	9	8

### [식물 군집 A의 밀도, 빈도, 피도, 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도]

식물 종	밀도 (개체 수/ $m^2$ )	빈도 (출현 칸/25칸)	피도 ( $m^2/m^2$ )
㉠	$\frac{10}{1} = 10$	$\frac{10}{25} = 0.4$	$\frac{0.04 \times 10}{1} = 0.4$
㉡	$\frac{9}{1} = 9$	$\frac{9}{25} = 0.36$	$\frac{0.04 \times 9}{1} = 0.36$
㉢	$\frac{11}{1} = 11$	$\frac{8}{25} = 0.32$	$\frac{0.04 \times 8}{1} = 0.32$
합계	30	1.08	1.08

식물 종	상대 밀도	상대 빈도, 상대 피도
㉠	$\frac{10}{30} \times 100 \approx 33.33\%$	$\frac{0.4}{1.08} \times 100 \approx 37.04\%$
㉡	$\frac{9}{30} \times 100 = 30\%$	$\frac{0.36}{1.08} \times 100 \approx 33.33\%$
㉢	$\frac{11}{30} \times 100 \approx 36.67\%$	$\frac{0.32}{1.08} \times 100 \approx 29.63\%$

[식물 군집 B의 밀도, 빈도, 상대 밀도, 상대 빈도]

식물 종	밀도(개체 수/m <sup>2</sup> )	빈도(출현 칸/25칸)
㉠	$\frac{5}{1}=5$	$\frac{5}{25}=0.2$
㉡	$\frac{7}{1}=7$	$\frac{7}{25}=0.28$
㉢	$\frac{13}{1}=13$	$\frac{5}{25}=0.2$
합계	25	0.68

식물 종	상대 밀도	상대 빈도
㉠	$\frac{5}{25} \times 100 = 20\%$	$\frac{0.2}{0.68} \times 100 \approx 29.41\%$
㉡	$\frac{7}{25} \times 100 = 28\%$	$\frac{0.28}{0.68} \times 100 \approx 41.18\%$
㉢	$\frac{13}{25} \times 100 = 52\%$	$\frac{0.2}{0.68} \times 100 \approx 29.41\%$

ㄴ. A에서 개체 수는 ㉠이 10, ㉡이 9, ㉢이 11이므로 ㉠의 상대 밀도는 33.33 %이고, B에서 ㉠의 상대 밀도는 20 %이다. 따라서 ㉠의 상대 밀도는 A에서가 B에서보다 크다.

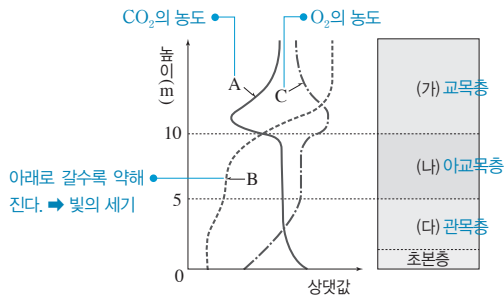
**바로알기** ㄱ. 어떤 군집에서 우점종은 중요치가 가장 높은 종이며, 중요치는 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 것이다. 따라서 A에서의 우점종은 ㉢이다.

ㄷ.  $\frac{\text{상대 밀도}}{\text{상대 빈도}}$  는 B의 ㉢이  $\frac{52}{29.41} \approx 1.77$ 로 가장 크며, A의

㉢은  $\frac{36.67}{29.63} \approx 1.24$ 이다.

## 9 삼림의 층상 구조

[자료 분석]



- 삼림의 층상 구조에서 식물의 높이는 교목층 → 아교목층 → 관목층의 순으로 낮아진다.
- 교목층에서 광합성이 가장 활발하게 일어나므로 CO<sub>2</sub> 흡수량과 O<sub>2</sub> 배출량이 많다. → 높은 곳에서 CO<sub>2</sub> 농도가 낮고, O<sub>2</sub> 농도가 높다.

[선택지 분석]

- ✗ A는 빛의 세기이고, C는 CO<sub>2</sub>의 농도이다.
- ✗ (나)는 관목층이다. 아교목층
- ㉢ (가)에서 (다)로 갈수록 약한 빛을 이용하여 광합성을 한다.

삼림의 층상 구조의 발달로 높이에 따라 통과하여 도달하는 빛의 양에 차이가 있다.

ㄷ. 삼림의 층상 구조에서 아래로 갈수록 빛의 세기가 약해지므로 B가 빛의 세기이고, 아래쪽에 있는 식물일수록 약한 빛을 이용하여 광합성을 한다.

**바로알기** ㄱ. 교목층(가)에서 광합성이 가장 활발하게 일어나므로 CO<sub>2</sub>의 농도가 가장 낮고 O<sub>2</sub>의 농도가 가장 높다. 따라서 A는 CO<sub>2</sub>의 농도이고, B는 O<sub>2</sub>의 농도이다.

ㄴ. (나)는 아교목층이다.

## 10 식물 군집의 생태 분포

[선택지 분석]

- ㉠ A는 열대 우림이다.
- ㉡ C와 D는 모두 삼림에 속한다.
- ㉢ A는 E보다 생물 다양성이 높다.
- ㉣ B에는 건조한 환경에 적응한 생물이 살고 있다.
- ✗ ㉤ 수직 분포에서는 주로 C가 D보다 고도가 높은 지역에 나타난다. 낮은

○ ㉠ A는 기온이 높고 강수량이 많은 지역에 발달하므로 열대 우림이다.

○ ㉡ D는 C보다 기온이 낮고 강수량이 적은 지역에 발달하므로 D는 침엽수림, C는 활엽수림이다. 활엽수림과 침엽수림은 모두 삼림에 속한다.

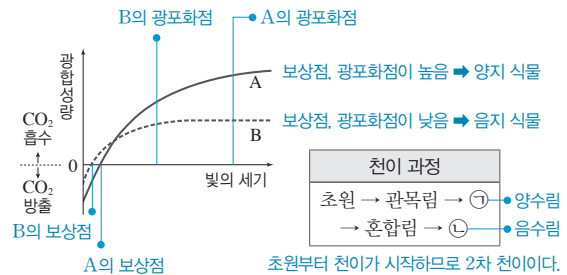
○ ㉢ E는 기온이 낮고 강수량이 적은 지역에 발달하므로 툰드라이다. 열대 우림(A)은 툰드라(E)보다 생물 다양성이 높다.

○ ㉣ B는 강수량이 적고 E보다 기온이 높은 지역에 발달하므로 사막이다. 사막에는 건조한 환경에 적응한 생물이 살고 있다.

**바로알기** ㉤ 군집의 수직 분포에서 고도가 높아지면 기온이 낮아지므로 주로 침엽수림(D)이 활엽수림(C)보다 고도가 높은 지역에 나타난다.

## 11 식물 군집의 천이

[자료 분석]



[선택지 분석]

- ㉠ 소나무는 A에 해당한다.
- ✗ ㉡ B는 ㉠ 단계의 우점종이다. ㉢ 단계
- ㉢ 표는 2차 천이 과정을 나타낸 것이다.
- ㉣ 잎의 평균 두께는 A가 B보다 두껍다.
- ㉤ 빛이 약한 곳에서는 A보다 B가 더 잘 자란다.

○ ㉠ 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)의 출입이 없는 것처럼 보일 때의 빛의 세기가 보상점, 총광합성량이 최대가 될 때 최소한의 빛의 세기가 광포화점이다. 따라서 보상점과 광포화점이 모두 A가 B보다 높으므로 A는 양지 식물, B는 음지 식물이다. 소나무는 양지 식물(A)에 해당한다.

○ ㉢ 초원부터 천이가 시작되므로 2차 천이 과정을 나타낸 것이다.

○ ㉣ 잎의 두께는 울타리 조식이 발달할수록 두꺼우며, 울타리 조식은 강한 빛을 받아 광합성이 활발할수록 발달한다. 따라서 강한 빛을 받는 양지 식물(A)이 약한 빛을 받는 음지 식물(B)보다 잎의 평균 두께가 두껍다.

○ ㉤ B는 A보다 보상점과 광포화점이 모두 낮으므로 약한 빛에서 A보다 비교적 잘 자란다.

**바로알기** ㉡ B는 음지 식물이므로 음수림(㉢) 단계의 우점종이다.



## 12 군집 내 개체군의 상호 작용

### |선택지 분석|

- ㉠ (가)에서 A의 개체 수는  $t_2$ 일 때  $t_1$ 일 때보다 많다.  
 ✕ (나)에서 A와 B 사이에 편리공생이 일어났다. **종간 경쟁**  
 ㉡ 구간 I에서 A와 B 모두에 환경 저항이 작용한다.

(나)에서는 (가)에서보다 종 A의 최대 개체 수가 적고, 종 B는 도태되어 사라지므로 A와 B 사이에서 종간 경쟁이 일어났음을 알 수 있다.

㉠. (가)에서 A의 개체 수는  $t_2$ 일 때 200이고,  $t_1$ 일 때 100이다. 따라서 A의 개체 수는  $t_2$ 일 때  $t_1$ 일 때보다 많다.

㉡. 구간 I에서 종 A는 개체 수가 증가하지 않고, B는 개체 수가 감소하므로 환경 저항이 작용하였음을 알 수 있다.

**바로알기** ㉢. (나)에서 A와 B 사이에 종간 경쟁이 일어났으며, B가 사라졌으므로 경쟁·배타 원리가 적용되었다.

## 13 군집 내 개체군의 상호 작용

### |선택지 분석|

- ✕ B가 ㉠에 서식하지 않는 것은 경쟁·배타의 결과이다.  
 ㉠ ㉠에서 B는 환경 저항을 받는다. **건조에 약하기 때문**  
 ㉡ B를 모두 제거하면 ㉡에서 A의 개체군 밀도가 증가한다.

㉢. B는 ㉡에 주로 서식하고 ㉠에는 A와 함께 서식하지만 A를 제거하여도 ㉠에는 서식하지 못한다. 이를 통해 B는 ㉡에서 ㉠으로 올라갈수록 환경 저항을 받아 서식 범위가 제한된다는 것을 알 수 있다. 실제로 생태계에서는 모든 생물이 환경 저항을 받는다.  
 ㉡. B를 모두 제거하면 A는 ㉡에도 서식할 수 있는 것으로 보아 현재와 같이 ㉡에 A가 서식하지 않는 까닭은 B와의 경쟁에서 저도태되어 사라졌기 때문이다. 따라서 B를 모두 제거하면 ㉡에서 A가 서식하기 시작하고 A의 개체군 밀도가 증가할 것이다.

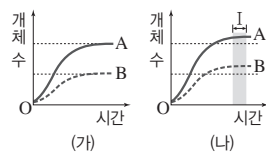
**바로알기** ㉠. A를 제거하여도 B의 서식 범위가 변하지 않는 것으로 보아 B가 ㉠에 서식하지 않는 까닭은 경쟁·배타 원리가 적용되었기 때문이 아니라 B가 건조에 약하기 때문이다.

## 14 군집 내 개체군의 상호 작용

### |자료 분석|

상호 작용	종 1	종 2
기생 ㉠	손해	② 이익
상리 공생 ㉡	이익	이익

혼합 배양하였더니 단독 배양하였을 때보다 A와 B의 개체 수가 모두 증가하였다.  
 ➔ 상리 공생



### |선택지 분석|

- ✕ ㉢은 손해이다. **이익**  
 ㉠ (나)에서 A와 B 사이의 상호 작용은 ㉡에 해당한다.  
 ✕ (나)의 구간 I에서 A는 환경 저항을 받지 않는다.  
**환경 저항을 받는다.**

㉠은 한 개체군이 손해를 보므로 기생이고, 기생에서 숙주는 손해를 보고 기생 생물은 이익을 얻으므로 ㉢은 이익이다. ㉡은 두 개체군이 모두 이익을 얻으므로 상리 공생이다. 종 A와 B는 모두 (가)에서 단독 배양하였을 때보다 (나)에서 혼합 배양하였을 때 최대 개체 수가 증가하였으므로 상리 공생 관계이다.

㉢. 종 A와 B는 단독 배양하였을 때보다 혼합 배양하였을 때 모두 개체 수가 증가하였으므로 ㉡(상리 공생)에 해당한다.

**바로알기** ㉠. ㉢은 이익이다.

㉡. (나)의 구간 I에서 A의 개체 수가 거의 증가하지 않는 것은 환경 저항을 받기 때문이다.

## 15 군집 내 개체군의 상호 작용

### |선택지 분석|

- ✕ (나)는 A와 B가 분서를 한 결과이다. **종간 경쟁**  
 ㉠ (나)에서 경쟁·배타가 일어났다.  
 ✕ (다)에서 A와 C는 편리공생의 관계이다. **상리 공생**

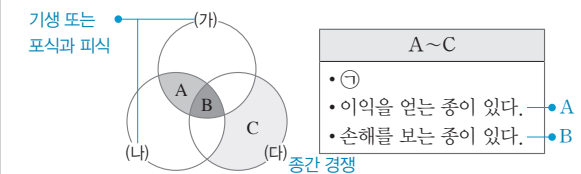
㉢. (나)에서 종 A는 최대 개체 수가 단독 배양하였을 때보다 감소하였고, 종 B는 도태되어 사라졌으므로 종 A와 B 사이에서 종간 경쟁이 일어났고 경쟁·배타 원리가 적용되었음을 알 수 있다.

**바로알기** ㉠. (나)에서 종 B는 도태되어 사라졌으므로 두 종 간에 경쟁이 일어났음을 알 수 있다.

㉡. (다)에서 종 A와 C는 모두 단독 배양하였을 때보다 개체 수가 증가하였으므로 모두 이익을 얻었다고 볼 수 있다. 따라서 종 A와 C는 상리 공생의 관계이다.

## 16 군집 내 개체군의 상호 작용

### |자료 분석|



구분	종 1	종 2
기생	이익	손해
종간 경쟁	손해	손해
포식과 피식	이익	손해

- A는 두 상호 작용의 공통점이며, 기생, 피식과 포식의 공통점은 '이익을 얻는 종이 있다.'이다. ➔ A는 '이익을 얻는 종이 있다.'이다.
- B는 세 상호 작용의 공통점이므로 '손해를 보는 종이 있다.'이다.

### |선택지 분석|

- ㉠ A는 '이익을 얻는 종이 있다.'이다.  
 ✕ '두 종의 개체 수가 주기적으로 변동한다.'는 ㉠에 해당한다.  
**주기적으로 개체 수가 변동하는 것은 피식과 포식이다.**  
 ✕ 두 종의 생태적 지위가 많이 겹칠수록 (다)가 일어날 확률이 낮아진다. **높아진다.**

㉠. 기생에서는 한 종은 이익을 얻고, 다른 종은 손해를 본다. 종간 경쟁에서는 두 종 모두 손해를 보며, 포식과 피식에서는 한 종은 이익을 얻고, 다른 종은 손해를 본다. 따라서 A는 '이익을 얻는 종이 있다.'이고, B는 '손해를 보는 종이 있다.'이다.

**바로알기** ㉢. (다)는 이익을 얻는 종이 없는 종간 경쟁이다. 따라서 ㉠은 종간 경쟁에만 해당하는 특징(C)이며, 종간 경쟁에서는 두 종의 개체 수가 주기적으로 변동하지 않는다. 따라서 '두 종의 개체 수가 주기적으로 변동한다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.

㉡. 먹이, 서식 공간 등 두 종의 생태적 지위가 많이 겹칠수록 종간 경쟁(다)이 일어날 확률이 높아진다.

# 14 에너지 흐름과 물질 순환

## 개념 확인 문제

본책 163쪽, 165쪽

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×    2 생태 피라미드    3 12.5 %  
4 (1) A: 호흡량, B: 순생산량, C: 생산량 (2) B    5 (가) 광합성 (나) 호흡 (다) 연소    6 (1) (라) (2) (다) (3) (가)    7 B, A, C

1 (1) 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 한 방향으로 흐르다가 생태계 밖으로 방출되므로 생태계가 유지되려면 태양으로부터 에너지가 지속적으로 공급되어야 한다.

(2) 생산자는 빛에너지를 흡수하여 광합성을 통해 포도당(유기물)에 화학 에너지 형태로 저장한다.

(3) 1차 소비자는 생산자를 먹이로 하므로 생산자에 저장된 에너지 중 일부는 유기물의 형태로 소비자에게 이동한다.

(4) 에너지는 생산자와 소비자의 사체나 배설물 속의 유기물의 형태로 분해자에게 이동하며, 분해자는 이를 분해하여 에너지를 얻는다. 생산자와 소비자의 호흡으로 방출된 열에너지는 생태계 밖으로 빠져나간다.

2 생태계의 먹이 사슬에서 각 영양 단계에 속하는 생물의 에너지, 개체 수, 생체량을 하위 영양 단계부터 상위 영양 단계까지 차례로 쌓아 올린 것을 생태 피라미드라고 한다.

3 1차 소비자의 에너지 효율 =  $\frac{1차 소비자가 보유한 에너지 총량}{생산자가 보유한 에너지 총량} \times 100$ 이므로,  $\frac{35}{280} \times 100 = 12.5(\%)$ 이다.

4 (1) 총생산량은 호흡량(A)과 순생산량(B)의 합이고, 순생산량(B)은 피식량, 고사량, 낙엽량, 생장량(C)의 합이다.

(2) 순생산량(B)에 포함된 피식량은 소비자에게 이용될 수 있는 에너지양이다.

5 대기나 물속의 이산화 탄소( $CO_2$ )는 생산자의 광합성(가)을 통해 유기물로 합성되고, 생물의 호흡(나)에 의해 유기물이 분해되어 이산화 탄소( $CO_2$ ) 형태로 대기 중이나 물속으로 돌아간다. 일부 사체 중 분해되지 않은 유기물은 석탄, 석유와 같은 화석 연료로 변화되고, 화석 연료는 연소(다)에 의해 이산화 탄소( $CO_2$ )의 형태로 대기 중으로 돌아간다.

6 (1) 질산화 세균(아질산균, 질산균)의 작용에 의해 암모늄 이온( $NH_4^+$ )이 질산 이온( $NO_3^-$ )으로 전환된다. → (라) 질산화 작용  
(2) 토양 속 일부 질산 이온( $NO_3^-$ )이 탈질산화 세균에 의해 질소 기체( $N_2$ )가 되어 대기 중으로 돌아간다. → (다) 탈질산화 작용  
(3) 뿌리혹박테리아, 아조토박터 등의 질소 고정 세균에 의해 대기 중의 질소( $N_2$ )가 식물이 이용할 수 있는 형태의 암모늄 이온( $NH_4^+$ )으로 전환된다. → (가) 질소 고정 작용

7 1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 증가하면 생산자의 개체 수는 감소하고 2차 소비자의 개체 수는 증가한다(B). 이에 따라 1차 소비자의 개체 수가 감소하면(A) 생산자의 개체 수는 증가하고 2차 소비자의 개체 수는 감소(C)하여 생태계 평형을 회복한다.

## 수능 자료 마스터

본책 166쪽~167쪽

자료 1 ②

자료 2 ②

자료 3 ③

1 다. 생태 피라미드는 아래에서 위로 갈수록 상위 영양 단계가 위치한다. 따라서 A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자, D는 생산자이며, 상위 영양 단계로 갈수록 에너지양이 감소한다.

바로알기 ㄱ. C는 1차 소비자이다.

나. 3차 소비자(A)의 에너지 효율은  $\frac{3}{15} \times 100 = 20(\%)$ 이고, 1차 소비자(C)의 에너지 효율은  $\frac{100}{1000} \times 100 = 10(\%)$ 이다.

2 나. (나)에서 암모늄 이온( $NH_4^+$ )이 질산 이온( $NO_3^-$ )으로 전환되므로 (나)는 질산화 세균에 의해 일어나는 질산화 작용이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 대기 중의 질소( $N_2$ )가 암모늄 이온( $NH_4^+$ )으로 전환되므로 (가)는 뿌리혹박테리아와 같은 질소 고정 세균에 의해 일어나는 질소 고정 작용이다. 식물은 대기 중의 질소( $N_2$ )를 직접 이용하지 못한다.

다. (다)에서 질산 이온( $NO_3^-$ )이 대기 중의 질소( $N_2$ )로 전환되므로 (다)는 탈질산화 세균에 의해 일어나는 탈질산화 작용이다.

3 ㄱ. 총생산량은 호흡량과 순생산량의 합이므로 호흡량보다 총생산량이 항상 많다. 따라서 A는 총생산량, B는 호흡량이다.

다. 구간 II에서 시간에 따라 호흡량(B)은 증가하고, 순생산량(A-B)은 감소하므로  $\frac{B}{\text{순생산량}}$ 는 시간에 따라 증가한다.

바로알기 나. 구간 I은 양수림이 출현한 직후이므로 아직 천이가 진행되고 있다. 이 식물 군집은 구간 II 이후에 음수림이 출현하면서 극상을 이룬다.

## 수능 2점 다지기

본책 168쪽~169쪽

- 1 ⑤    2 ③    3 ⑤    4 ①    5 ⑤    6 ④  
7 ⑤    8 ⑤

## 1 에너지 흐름

### |선택지 분석|

✕ 생산자는 생태계로 유입된 빛에너지를 모두 이용한다. **일부분**

㉠ 이동하는 에너지양은 ㉡이 ㉠보다 많다.

㉢ 호흡으로 방출되는 에너지는 열에너지 형태이다.

나. 녹색 식물에서 1차 소비자로 이동하는 에너지양(㉠)은 100이고, 1차 소비자에서 2차 소비자로 이동하는 에너지양(㉡)은 20이다. 일반적으로 영양 단계가 높아질수록 전달되는 에너지양이 줄어든다.

다. 유기물에 저장된 에너지 중 일부는 각 영양 단계에서 호흡을 통해 생명 활동에 사용되고, 이 과정에서 에너지는 열에너지의 형태로 방출된다.

**바로알기** ㄱ. 생태계로 유입된 빛에너지 100000 중 녹색 식물이 이용하는 에너지는 1000이다. 따라서 생산자는 생태계로 유입된 빛에너지 중 일부만 이용한다.

## 2 에너지 피라미드와 에너지 효율

### |선택지 분석|

- ㉠ (가)의 A는 생산자이다.
- ㉡ 2차 소비자의 에너지 효율은 (가)에서보다 (나)에서 높다.
- ㉢ (가)와 (나)는 모두 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량이 감소한다.

ㄱ. 생태 피라미드는 하위 영양 단계부터 상위 영양 단계까지 각 영양 단계에 포함된 에너지의 상대적인 양을 차례대로 쌓아올린 것이므로 (가)에서 A는 생산자이고 그 위쪽이 1차 소비자이며, 가장 위쪽이 2차 소비자이다.

ㄷ. 유기물에 저장된 에너지는 각 영양 단계에서 생명 활동에 사용되어 열에너지로 방출되고 남은 것이 상위 영양 단계로 이동한다. 따라서 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량이 감소한다.

**바로알기** ㄴ. 2차 소비자의 에너지 효율은 (가)에서  $\frac{20}{100} \times 100 = 20(\%)$ , (나)에서  $\frac{15}{150} \times 100 = 10(\%)$ 이므로, (나)에서보다 (가)에서 높다.

## 3 에너지 흐름과 에너지 효율

### |선택지 분석|

- ㉠ 육식 동물은 A에 해당한다. C, D
- ㉡ 가장 상위 영양 단계는 C이다.
- ㉢ 에너지 효율은 3차 소비자가 1차 소비자의 2배이다.

ㄴ. 안정된 생태계에서는 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량이 줄어드는 피라미드 형태를 나타내므로 A~D 중 생산자는 B, 1차 소비자는 A, 2차 소비자는 D, 3차 소비자는 C이다. 따라서 이 생태계에서 가장 상위 영양 단계는 3차 소비자인 C이다.

ㄷ. 에너지 효율은 1차 소비자(A)가  $\frac{100}{1000} \times 100 = 10(\%)$ 이고,

3차 소비자(C)가  $\frac{3}{15} \times 100 = 20(\%)$ 이므로 3차 소비자(C)가 1차 소비자(A)의 2배이다.

**바로알기** ㄱ. A는 생산자를 먹이로 하는 1차 소비자이므로 초식 동물에 해당한다. 육식 동물은 다른 동물을 먹이로 하므로 2차 소비자(D)나 3차 소비자(C)에 해당한다.

## 4 식물 군집의 물질 생산과 소비

### |선택지 분석|

- ㉠ ㉠은 호흡량이다.
- ㉡ ㉠은 생산자가 광합성을 통해 생산한 유기물의 총량이다.
- ㉢ 생산자의 피식량은 1차 소비자의 호흡량과 같다. 섭취량

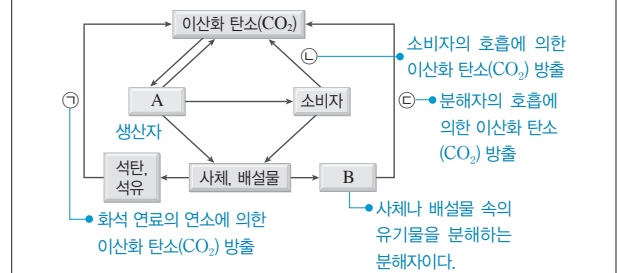
ㄱ. 총생산량은 호흡량과 순생산량(피식량 + 고사량 + 낙엽량 + 생장량)의 합이므로 ㉠은 호흡량이고, ㉡은 순생산량이다.

**바로알기** ㄴ. 생산자가 일정 기간 동안 광합성으로 생산한 유기물의 총량은 총생산량이다. 순생산량(㉡)은 총생산량에서 생산자의 호흡으로 사용된 호흡량을 뺀 나머지 유기물의 총량이다.

ㄷ. 생산자의 피식량은 1차 소비자의 섭취량과 같고, 1차 소비자의 호흡량은 섭취량의 일부이다. 따라서 생산자의 피식량 중 일부가 1차 소비자의 호흡량이 된다.

## 5 탄소 순환 과정

### |자료 분석|



### |선택지 분석|

- ㉠ 광합성을 하는 생물은 A에 해당한다.
- ㉡ ㉠ 과정이 활발하게 일어날수록 지구 온난화가 심해질 수 있다.
- ㉢ ㉠과 ㉡은 모두 호흡에 의해 일어난다.

ㄱ. A는 대기 중이나 물속의 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )를 광합성에 이용하는 생산자이다.

ㄴ. 생물의 사체나 배설물 중 분해되지 않은 일부 유기물은 땅속, 해저 등에 오랜 시간 퇴적되어 석탄, 석유와 같은 화석 연료가 되고, 화석 연료가 연소(㉠)하면 탄소(C)는 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 형태로 대기로 돌아간다. 이 과정이 과도하게 일어나면 대기 중 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 농도가 높아지고 온실 효과가 유발되어 지구 온난화가 심해질 수 있다.

ㄷ. ㉠과 ㉡은 각각 소비자, 분해자의 호흡으로 유기물이 분해되어 유기물 속의 탄소(C)가 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )의 형태로 대기나 물 속으로 돌아가는 과정이다.

## 6 질소 순환 과정

### |선택지 분석|

- ㉠ A는 생산자이다. B
- ㉡ 질산화 세균(질화 세균)은 과정 ㉠에 관여한다.
- ㉢ 탈질산화 세균(질산 분해 세균)은 과정 ㉡에 관여한다.

A는 생물의 사체나 배설물에 포함된 질소 화합물을 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 분해하는 분해자이고, B는 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )을 흡수한 후 이를 이용해 질소 화합물을 합성하는 생산자이다. ㉠은 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되므로 질산화 작용이고, ㉡은 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 질소( $\text{N}_2$ )로 전환되어 대기 중으로 돌아가므로 탈질산화 작용이다.

ㄴ. 질산화 세균(질화 세균)은 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )을 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환시킨다.

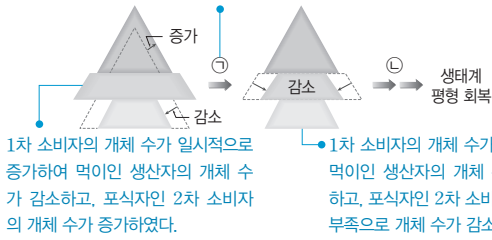
ㄷ. 탈질산화 세균(질산 분해 세균)은 토양 속 일부 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )을 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환시킨다.

**바로알기** ㄱ. A는 분해자이고, B는 생산자이다.

## 7 생태계 평형의 회복 과정

### [자료 분석]

먹이 사슬에서는 생산자 → 1차 소비자 → 2차 소비자로 에너지가 유기물의 형태로 이동한다.



### [선택지 분석]

- ☒ 1차 소비자의 개체 수가 감소한 이후의 회복 과정이다. **증가**
- ☐ ㉠에서 유기물은 생산자에서 1차 소비자로 이동한다.
- ☐ ㉡에서 2차 소비자의 개체 수가 감소하는 현상이 일어날 것이다.

ㄴ. 1차 소비자는 생산자를 먹이로 하므로 ㉠에서 생산자의 에너지 중 일부는 유기물의 형태로 1차 소비자에게 이동한다.

ㄷ. ㉡의 전 단계에서 1차 소비자의 개체 수가 감소하였으므로 ㉢에서 2차 소비자의 개체 수가 먹이(1차 소비자) 부족으로 인해 감소하는 현상이 일어날 것이다.

**바로알기** ㄱ. 첫 번째 단계에서 생산자의 개체 수가 감소하고 2차 소비자의 개체 수가 증가하였으므로 이 생태계 평형 회복 과정은 2차 소비자의 피식자인 1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 증가하여 나타난 것임을 알 수 있다.

## 8 생태계 평형

### [선택지 분석]

- ☒ 포식자를 인위적으로 제거하면 생태계의 안정성이 **높아진다. 낮아진다.**
- ☐ 1905년~1920년에 사슴의 개체 수가 증가한 것은 사슴의 포식자가 감소하였기 때문이다.
- ☐ 1920년 이후 사슴의 개체 수가 급격히 감소한 것은 먹이가 부족해졌기 때문이다.

ㄴ. 1905년에 사슴의 포식자 개체 수가 급격히 감소하였고, 그 결과 1905년~1920년에 사슴의 개체 수가 증가하였다.

ㄷ. 1920년 이후 사슴의 개체 수가 급격히 감소한 것은 초원의 생산량(풀의 양)이 크게 감소하여 사슴의 먹이가 부족해졌기 때문이다.

**바로알기** ㄱ. 사슴 포식자의 개체 수가 급격히 감소하면 사슴의 개체 수가 급격히 증가하여 먹이인 풀을 많이 소비하므로 초원의 생산량이 급격히 감소해 생태계가 불안정해진다.

### 수능 3점 공부하기

본책 170쪽~173쪽

- |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 ②  | 2 ⑤  | 3 ③  | 4 ④  | 5 ①  | 6 ⑤  |
| 7 ④  | 8 ③  | 9 ⑤  | 10 ① | 11 ④ | 12 ⑤ |
| 13 ① | 14 ⑤ | 15 ③ | 16 ④ |      |      |

## 1 에너지 흐름과 물질의 생산과 소비

### [선택지 분석]

- ☒ 순생산량은  $\frac{\text{순생산량}}{\text{총생산량}}$  은 0.2이다. **0.45**
- ☐ (나)의 사체와 배설물에 포함된 에너지량은  $50 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{년}$ 이다.
- ☒ 에너지 효율은 2차 소비자가 1차 소비자의 3배이다. **2배**

ㄴ. (가)는 1차 소비자이고, (나)는 2차 소비자이자 최종 소비자이다. 이 생태계의 생물적 요인은 모두 성장량이 0이므로 (나)의 사체와 배설물에 포함되어 분해자로 이동하는 에너지량은 분해자의 호흡량에서 생산자와 1차 소비자에서 분해자로 이동하는 값을 뺀 값이다. 따라서 (나)의 사체와 배설물에 포함된 에너지량은  $3750 - 3500 - 200 = 50 (\text{kcal/m}^2 \cdot \text{년})$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 총생산량은 생산자의 에너지량인 10000이고, 순생산량은 총생산량에서 생산자의 호흡량(5500)을 뺀 4500이다. 따라서  $\frac{\text{순생산량}}{\text{총생산량}} = \frac{4500}{10000} = 0.45$ 이다.

ㄷ. 2차 소비자인 (나)의 에너지량은 (나)의 호흡량(150)과 분해자로 이동하는 에너지량(50)의 합인 200이고, 1차 소비자인 (가)의 에너지량은 (가)의 호흡량(600)과 분해자로 이동하는 에너지량(200), (나)의 에너지량(200)의 합인 1000이며, 생산자의 에너지량은 생산자의 호흡량(5500)과 분해자로 이동하는 에너지량(3500), (가)의 에너지량(1000)의 합인 10000이다. 따라서 1차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{1000}{10000} \times 100 = 10(\%)$ 이고, 2차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{200}{1000} \times 100 = 20(\%)$ 이다.

## 2 에너지 흐름과 물질의 생산과 소비

### [선택지 분석]

- ☒ 순생산량은  $\frac{\text{순생산량}}{\text{총생산량}}$  은  $\frac{\text{D의 호흡량}}{\text{A의 호흡량}}$  보다 **크다. 작다.**
- ☐ 에너지 효율은 2차 소비자가 1차 소비자의 2배이다.
- ☐ 생산자는 유입되는 빛에너지의 10 %를 광합성에 이용한다.

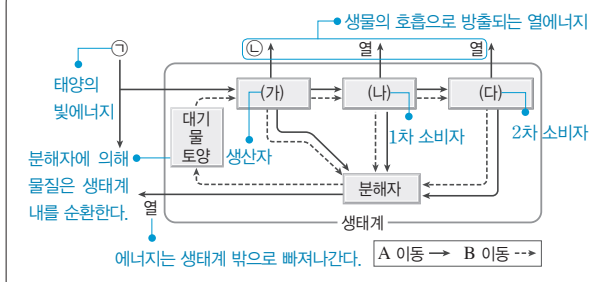
ㄴ. ㄷ. A는 생산자, B는 1차 소비자, C는 2차 소비자, D는 분해자이다. 이 생태계의 생물적 요인은 모두 성장량이 0이므로 A의 에너지량은 A~D의 호흡량의 합과 같다. 분해자의 호흡량은 3750이므로 A의 에너지량은  $5500 + 600 + 150 + 3750 = 10000$ 이다. 생태계 X로 연간 유입되는 빛에너지의 양은 100000이므로 이 중 생산자가 광합성에 이용하는 에너지량은  $\frac{10000}{100000} \times 100 = 10(\%)$ 이다. B의 에너지량은  $10000 - (5500 + 3500) = 1000$ , C의 에너지량은  $1000 - (600 + 200) = 200$ 이므로 1차 소비자(B)의 에너지 효율은  $\frac{1000}{10000} \times 100 = 10(\%)$ 이고, 2차 소비자(C)의 에너지 효율은  $\frac{200}{1000} \times 100 = 20(\%)$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 순생산량은 총생산량(10000)에서 생산자의 호흡량(5500)을 뺀 값이므로 4500이다. 따라서  $\frac{\text{순생산량}}{\text{총생산량}} = \frac{4500}{10000} = 0.45$ 이고,  $\frac{\text{D의 호흡량}}{\text{A의 호흡량}} = \frac{3750}{5500} \approx 0.68$ 이다.



### 3 에너지 흐름과 물질 순환

#### [자료 분석]



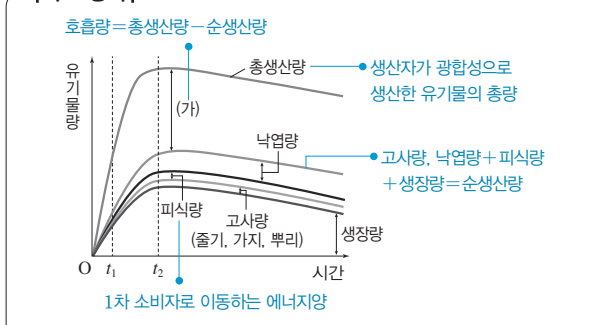
#### [선택지 분석]

- ㉠ B는 물질이다.
- ㉡ ㉠은 태양의 빛에너지에 해당한다.
- ㉢ (가)의 에너지량은 ㉠보다 작다. **크다.**
- ㉣ (나)의 개체 수가 증가하면 (다)의 개체 수도 증가한다.
- ㉤ A는 열에너지 형태로 생태계 밖으로 빠져나가지만, B는 생물과 비생물 환경 사이를 순환한다.

- ① A는 한 방향으로 흐르다 생태계를 빠져나가므로 에너지이고, B는 생태계 내를 순환하므로 물질이다.
- ② ㉠은 생태계 에너지의 근원인 태양의 빛에너지이다.
- ④ 1차 소비자(나)의 개체 수가 증가하면 1차 소비자를 먹이로 하는 2차 소비자(다)의 개체 수도 증가한다.
- ⑤ A(에너지)는 한 방향으로 흐르다 열에너지의 형태로 생태계를 빠져나가고, B(물질)은 생물과 비생물 환경 사이를 순환한다.
- [바로알기]** ③ 생산자(가)는 빛에너지(㉠) 중 일부를 흡수하고, 그 중 일부는 호흡을 통해 생명 활동에 사용되어 열에너지(㉡)로 방출된다. 따라서 생산자의 에너지량은 ㉡보다 크다.

### 4 식물 군집의 물질 생산과 소비

#### [자료 분석]



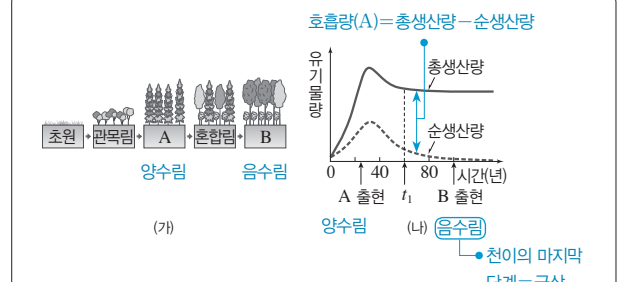
#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 호흡량이다.
- ㉡  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 순생산량이 많다. **증가한다.**
- ㉢  $t_1 \sim t_2$ 에서 1차 소비자(나)로 이동하는 유기물의 양은 감소한다. **증가한다.**

- 총생산량은 호흡량과 순생산량의 합이며, 순생산량은 피식량, 고사량과 낙엽량, 생장량의 합이다.
- ㄱ. (가)는 총생산량에서 순생산량에 해당하는 고사량, 낙엽량, 피식량, 생장량을 뺀 값이므로 호흡량이다.
- ㄴ. 순생산량은 총생산량에서 호흡량(가)을 뺀 것이므로  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 많다.
- [바로알기]** ㄷ. 생산자인 식물에서 1차 소비자(나)로 이동하는 유기물의 양은 피식량에 해당한다.  $t_1 \sim t_2$ 에서 피식량은 증가한다.

### 5 식물 군집의 천이에 따른 물질 생산과 소비

#### [자료 분석]



#### [선택지 분석]

- ㉠ (가)는 2차 천이를 나타낸 것이다.
- ㉢ K는 (가)의 A에서 극상을 이룬다. B
- ㉤ (나)에서  $t_1$ 일 때 K의 생장량은 순생산량보다 크다. **작다.**

- ㄱ. (가)는 산불이 난 후 토양이 이미 형성되어 있는 지역에서 초본이 개척자가 되어 일어나는 2차 천이를 나타낸 것이다.
- [바로알기]** ㄴ. 삼림이 발달해 지표에 도달하는 빛의 세기가 줄어들면서 양수림에서 침수림으로 천이가 일어나므로 A는 양수림이고, B는 침수림이다. (가)에서 양수림(A) 이후에 침수림(B)까지 천이가 일어났으므로 K는 (가)의 침수림(B)에서 극상을 이룬다.
- ㄷ. 순생산량은 피식량, 고사량과 낙엽량, 생장량으로 구성되어 있다. 따라서 (나)에서  $t_1$ 일 때 K의 생장량은 순생산량보다 작다.

### 6 식물 군집의 물질 생산과 소비

#### [자료 분석]

구분		식물 군집	
		I	II
호흡량	호흡량	74.0	67.1
+	고사량, 낙엽량	19.7	24.7
	생장량	6.0	8.0
순생산량	순생산량	100.0	100.0
II	피식량	0.3	0.2
	합계	100.0	100.0
총생산량	총생산량	100.0	100.0

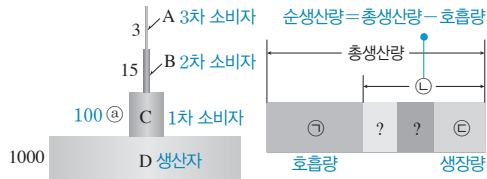
#### [선택지 분석]

- ㉠ I과 II의 호흡량에는 초식 동물의 호흡량이 포함된다. **포함되지 않는다.**
- ㉡ II에서 총생산량에 대한 순생산량의 백분율은 32.9 %이다.
- ㉢ 생장량은 I에서가 II에서보다 크다.

- ㄴ. II에서 총생산량에 대한 순생산량의 백분율은 총생산량의 백분율(100)에서 호흡량의 백분율(67.1)을 뺀 32.9 %이다.
- ㄷ. I의 총생산량이 II의 총생산량의 2배이므로 II와 비교하였을 때 I의 생장량(상댓값)은  $6.0 \times 2 = 12.0$ 가 된다. II의 생장량(상댓값)은 8.0이므로 생장량(상댓값)은 I에서가 II에서보다 크다.
- [바로알기]** ㄱ. I과 II의 호흡량은 식물 군집의 호흡량으로 초식 동물의 호흡량이 포함되지 않는다. 초식 동물은 생산자로부터 섭취한 유기물의 에너지 일부는 호흡에 사용하므로 초식 동물의 호흡량은 생산자의 피식량에 포함된다.

## 7 생태 피라미드와 물질 생산과 소비

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ 2차 소비자의 에너지 효율은 15%이다.  
 ㉡ ㉠과 ㉤에 모두 포함된다. ㉢에만 포함된다.  
 ㉣ ㉠은 B에서 방출되는 열에너지의 양보다 많다.

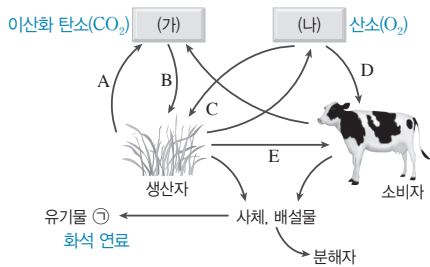
㉠. 1차 소비자(C)의 에너지 효율(%)은  $\frac{100}{1000} \times 100$ , 2차 소비자(B)의 에너지 효율(%)은  $\frac{15}{100} \times 100$ 이다. 2차 소비자의 에너지 효율이 1차 소비자의 1.5배이므로 1차 소비자의 에너지 효율  $\times 1.5 = 2$ 차 소비자의 에너지 효율이다. 따라서  $\frac{100}{1000} \times 100 \times 1.5 = \frac{15}{100} \times 100$ 이므로 ㉠=100이고, 2차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{15}{100} \times 100 = 15(\%)$ 이다.

㉡. 2차 소비자(B)의 에너지 중 일부가 호흡을 통해 열에너지로 방출되는데, 이 에너지는 생산자(D)의 피식량에 포함된다. 생산자의 피식량은 생산자의 호흡량(㉣)보다 적으므로 생산자의 호흡량(㉣)은 2차 소비자(B)에서 방출되는 열에너지의 양보다 많다.

㉢. ㉠은 1차 소비자(C)의 에너지이므로 생산자(D)의 피식량과 순생산량(㉢)에는 포함되지만, 생산자에 남아 있는 유기물의 양인 생장량(㉤)에는 포함되지 않는다. 따라서 ㉠은 ㉢에만 포함된다.

## 8 탄소 순환 과정

### [자료 분석]



- A: 생산자의 호흡으로 유기물이 분해되어 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)의 형태로 대기 중이나 물속으로 돌아가는 과정이다.
- B: 생산자가 대기나 물속의 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수하여 광합성으로 유기물을 합성하는 과정이다.
- C, D: 산소(O<sub>2</sub>)를 이용하는 호흡 과정이다.
- E: 탄소(C)가 유기물의 형태로 먹이 사슬을 따라 소비자에게 이동하는 과정이다.

### [선택지 분석]

- ㉠ (나)는 산소(O<sub>2</sub>)이다.  
 ㉡ 유기물 ㉠은 (가)로 전환될 수 있다.  
 ㉢ A~D 중 호흡에 해당하는 과정은 B와 D뿐이다. A, C, D  
 ㉣ E에서 탄소와 산소는 모두 유기물의 형태로 이동한다.  
 ㉤ 인간의 활동은 대기 중 (가)와 (나)의 농도에 모두 영향을 준다.

㉠ 산소(O<sub>2</sub>)는 생물의 호흡에 이용되고 생산자의 광합성으로 방출되지만, 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)는 생물의 호흡으로 방출되고 생산자의 광합성에 이용된다. 따라서 (가)는 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)이고, (나)는 산소(O<sub>2</sub>)이다.

㉡ 유기물 ㉠은 분해자에 의해 이용되지 않은 사체나 배설물이 오랜 시간에 걸쳐 변화된 화석 연료이다. 따라서 ㉠은 연소에 의해 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)(가)로 전환될 수 있다.

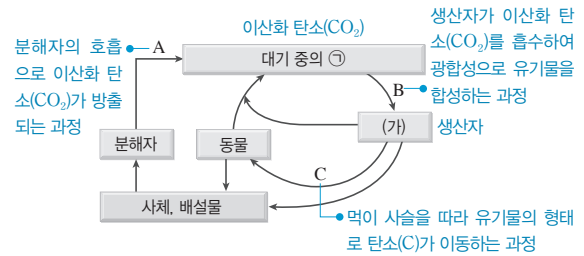
㉣ 생산자에서 소비자로 물질이 이동하는 과정(E)이며, 이 과정에서 탄소(C)와 산소(O)는 모두 유기물의 형태로 이동한다.

㉤ 인간의 호흡이나 화석 연료의 연소 등과 같은 활동은 대기 중의 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 산소(O<sub>2</sub>)의 농도에 모두 영향을 준다.

㉢. A~D 중 생산자의 호흡으로 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 배출하는 A, 산소(O<sub>2</sub>)를 이용하는 C와 D는 호흡이고, 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 이용하는 B는 광합성이다.

## 9 탄소의 순환 과정

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)이다.  
 ㉡ A는 호흡에 의해 일어난다.  
 ㉢ 총생산량이 많은 생태계일수록 B가 활발하게 일어난다.  
 ㉣ C에서 유기물의 형태로 물질이 이동한다.  
 ㉤ (가)의 에너지량은 동물과 분해자가 가진 에너지량의 합과 같다. 합보다 크다.

㉠, ㉡ 동물에서 대기 중으로 ㉠이 이동하므로, 그림은 탄소(C) 순환 과정을 나타낸 것이며, ㉠은 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)이다. A는 분해자의 호흡으로 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)가 방출되는 과정이다.

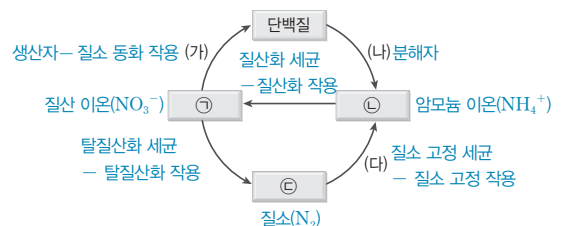
㉢ 총생산량이 많은 생태계일수록 광합성이 활발하므로 B가 활발하게 일어난다.

㉣ C에서 동물이 생산자(가)를 먹이로 하여 유기물의 형태로 탄소(C)가 이동한다.

㉤. ㉤ 생산자(가)가 가진 에너지 중 호흡으로 소비된 에너지를 제외한 나머지가 동물과 분해자에게 전달되므로 생산자가 가진 에너지량은 동물과 분해자가 가진 에너지량의 합보다 크다.

## 10 질소 순환 과정

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠은 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ ), ㉡은 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이다.  
 ✕ (가)와 (다)에는 모두 세균만 관여한다. (다)는  
 ✕ 이 생태계의 순생산량은 (나)의 총생산량에서 호흡량을 뺀 값이다.

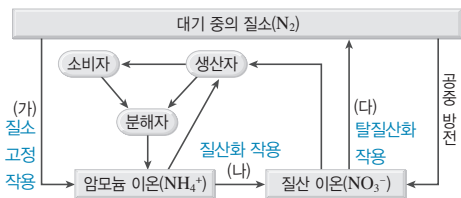
ㄱ. 질소 순환에서 질소( $\text{N}_2$ ) → 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )의 질소 고정 작용, 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ ) → 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )의 질산화 작용, 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ ) → 질소( $\text{N}_2$ )의 탈질산화 작용, 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ ) → 단백질의 질소 동화 작용이 일어나므로 ㉠은 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ ), ㉡은 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ ), ㉢은 질소( $\text{N}_2$ )이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )을 이용해 단백질을 합성하므로 질소 동화 작용을 하는 생산자이고, (다)는 질소 고정 작용을 하는 질소 고정 세균이다.

ㄷ. 이 생태계의 순생산량은 (가)의 총생산량에서 호흡량을 뺀 값이다.

## 11 질소 순환 과정

### [자료 분석]



- (가) 질소 고정 작용: 대기 중의 질소( $\text{N}_2$ )가 질소 고정 세균에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 전환된다.
- (나) 질산화 작용: 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산화 세균에 의해 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환된다.
- (다) 탈질산화 작용: 토양 속 일부 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 탈질산화 세균에 의해 질소 기체( $\text{N}_2$ )가 되어 대기 중으로 돌아간다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 뿌리혹박테리아는 과정 (가)에 작용한다.  
 ✕ 과정 (나)는 질소 동화 작용을 나타낸다. 질산화 작용  
 ㉡ 과정 (다)에서 탈질산화 세균(질소 분해 세균)이 작용한다.

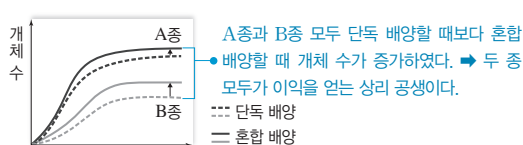
ㄱ. 뿌리혹박테리아는 질소 고정 작용(가)을 수행하는 대표적인 질소 고정 세균이다.

ㄷ. 탈질산화 작용(다)에는 탈질산화 세균이 작용한다.

바로알기 ㄴ. 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 것(나)은 질산화 세균에 의해 일어나는 질산화 작용이다.

## 12 질소 순환과 군집 내 개체군의 상호 작용

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ㉠ ㉠ → ㉡ 과정을 수행하는 세균 중 특정 식물과 상호 작용 X를 하는 것이 있다.  
 ㉡ 생태계에서 질소가 순환할 때 ㉡ → ㉢ → ㉠ 과정이 일어난다.  
 ㉢ 분해자는 ㉡ → ㉢ 과정을 수행한다.

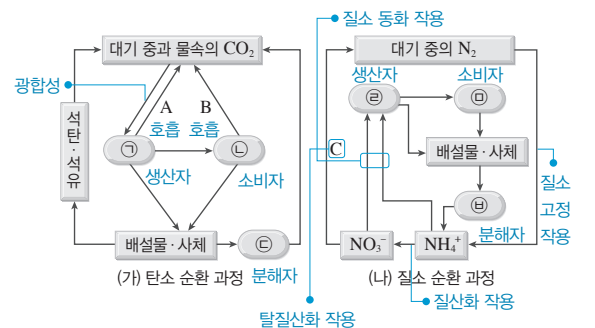
ㄱ. A와 B종 사이에서는 서로 이익을 주는 상리 공생(X)이 일어난다. 질소( $\text{N}_2$ )(㉠)를 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )(㉡)으로 전환시키는 질소 고정을 수행하는 질소 고정 세균 중 뿌리혹박테리아는 콩과 식물과 상리 공생을 한다. 뿌리혹박테리아는 콩과식물의 뿌리에 공생하면서 콩과식물로부터 양분을 공급받고, 콩과식물은 뿌리혹박테리아가 고정해 준 질소를 이용한다.

ㄴ. 생태계에서 질소가 순환할 때 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )(㉡)이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )(㉢)으로 전환되는 질산화 작용이 일어나고, 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )(㉢)이 질소( $\text{N}_2$ )(㉠)로 전환되어 대기 중으로 돌아가는 탈질산화 작용이 일어난다.

ㄷ. 분해자는 아미노산(㉡)을 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )(㉢)으로 분해해 비생물 환경으로 돌려보내는 작용을 한다.

## 13 탄소 순환과 질소 순환

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ✕ ㉠과 ㉡은 모두 분해자이다. 생산자  
 ㉢ A와 B는 모두 이화 작용에 해당한다.  
 ✕ C는 질소 고정 작용이다. 탈질산화 작용

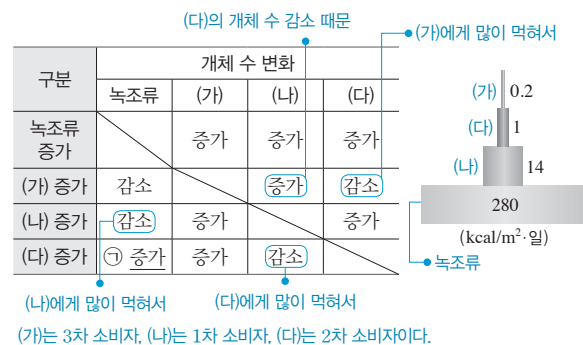
ㄴ. A와 B는 모두 호흡에 의해 유기물이 분해되어 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )가 방출되는 과정이므로 이화 작용에 해당한다.

바로알기 ㄱ. 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )를 흡수하여 유기물을 합성하는 ㉠과 뿌리를 통해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )과 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )을 흡수하여 질소 화합물을 합성하는 ㉡은 모두 생산자이다.

ㄷ. C는 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 탈질산화 세균에 의해 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되어 대기 중으로 돌아가는 탈질산화 작용이다. 질소 고정 작용은 대기 중의 질소( $\text{N}_2$ )를 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환하는 것이다.

## 14 생태계 평형과 에너지 효율

### [자료 분석]



### [선택지 분석]

- ⓧ (가)는 2차 소비자이다. 3차 소비자  
 Ⓒ 에너지 효율은 (다)가 (나)보다 높다.  
 Ⓓ 현상 ㉠은 (나)의 개체 수가 감소하여 나타난다.

포식자의 개체 수가 증가하면 포식자의 개체 수가 증가하며, 포식자의 개체 수가 증가하면 피식자의 개체 수는 감소한다.

ㄴ. 1차 소비자(나)의 에너지 효율은  $\frac{14}{280} \times 100 = 5(\%)$ 이고, 2

차 소비자(다)의 에너지 효율은  $\frac{1}{14} \times 100 \approx 7.1(\%)$ 이다. 따라서 에너지 효율은 2차 소비자(다)가 1차 소비자(나)보다 높다.

ㄷ. 2차 소비자(다)의 개체 수가 증가하면 먹이인 1차 소비자(나)의 개체 수가 감소하고, 그에 따라 1차 소비자(나)의 먹이인 녹조류의 개체 수는 증가한다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 3차 소비자이다.

## 15 생태계 평형과 에너지 흐름

### [선택지 분석]

- Ⓒ 에너지량은 생물 A가 생물 C보다 많다.  
 Ⓒ ㉠이 일어난 후에 생물 C의 개체 수는 감소할 것이다.  
 ⓧ 생물 B의 에너지는 생물 C와 분해자에게 모두 유기물의 형태로 이동한다. 생물 C에게 이동하지 않는다.

ㄱ. 에너지량이 생태 피라미드 형태로 나타나고, 생물 B가 C보다 에너지량이 작으므로 생물 B가 C보다 상위 영양 단계이다. 또한 생물 C의 개체 수가 증가하면 생물 A의 개체 수는 감소하므로 생물 C는 생물 A를 먹는 포식자이다. 따라서 이 생태계의 가장 하위 영양 단계는 생물 A이고, 먹이 관계는 생물 A → 생물 C → 생물 B로 연결된다. 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량은 감소하므로 에너지량은 생물 A가 C보다 많다.

ㄴ. 생물 B의 개체 수가 증가하면 생물 C는 생물 B에게 많이 잡아먹히므로 개체 수가 감소한다.

**바로알기** ㄷ. 생물 B의 에너지 중 일부는 사체와 배설물에 포함된 유기물의 형태로 분해자에게 전달된다. 그러나 생물 C는 생물 B의 먹이이므로 생물 B의 에너지는 생물 C로 이동하지 않는다.

## 16 생태계 평형과 물질의 이동

### [선택지 분석]

- Ⓒ ㉠은 ㉡보다 상위 영양 단계에 속한다.  
 ⓧ 생물 A의 유기물은 다른 생물에게 전달되지 않는다. 전달된다.  
 Ⓒ ㉢은 'B의 개체 수 증가'이다.

ㄱ. B(1차 소비자)의 개체 수가 감소하자 ㉠의 개체 수가 감소하고 ㉡의 개체 수는 증가하였으므로 ㉠은 B를 먹이로 하는 A(2차 소비자)이고, ㉡은 B의 먹이인 C(생산자)이다. 따라서 2차 소비자(㉠)는 생산자(㉡)보다 상위 영양 단계에 속한다.

ㄷ. 생산자(㉡)의 개체 수가 증가하면 생산자를 먹이로 하는 1차 소비자(B)의 개체 수가 증가한다. 따라서 ㉢은 'B의 개체 수 증가'이다.

**바로알기** ㄴ. 2차 소비자(A)의 에너지 중 일부는 사체와 배설물의 형태로 분해자에게 전달된다.

## 15 생물 다양성

### 개념 확인 문제

본책 175쪽, 177쪽

- 1 (1) 유전적 다양성 (2) 생태계 다양성 (3) 종 다양성 2 (1) × (2) ○ (3) ○ 3 ㉠ 복잡하게, ㉡ 깨지지 않는다. 4 (1) ㉡ (2) ㉢ (3) ㉠ (4) ㉡ 5 (1) × (2) ○ (3) ○ 6 생태 통로 7 ㉡ 8 ㄴ, ㄷ

1 (1) 기린의 털 무늬가 다양한 것은 같은 생물종이라도 개체마다 가진 대립유전자가 달라 형질이 다양하게 나타나는 유전적 다양성에 해당한다.

(2) 우리나라에 산, 강, 초원 등이 존재하는 것은 생태계 다양성에 해당한다.

(3) 아마존 열대 우림에서 441종의 새로운 생물이 발견된 것은 한 생태계에 서식하는 종의 다양한 정도인 종 다양성과 관련이 있다.

2 (1) 유전적 다양성은 한 개체군에서 대립유전자가 다양하여 각 개체 사이에 형질이 다르게 나타나는 것이다.

(2) 종 다양성은 생물종의 수가 많을수록, 각 생물종의 분포 비율이 고를수록 높다.

(3) 생태계는 비생물 환경과 생물이 상호 작용하는 체계이므로 생태계 다양성은 비생물 환경과 생물의 상호 작용에 대한 다양함까지 포함한다.

3 종 다양성이 높아 먹이 그물이 복잡하게 형성된 생태계는 어떤 한 생물종이 사라져도 대체할 수 있는 다른 생물종이 있을 확률이 높아 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않는다.

4 (1) 면섬유는 목화에서 얻고, 비단은 누에고치에서 얻는다.

(2) 보리, 옥수수과 같은 식물은 우리에게 식량을 제공한다.

(3) 숲, 강, 호수 등은 인간에게 휴식 공간과 문화 공간을 제공한다.

(4) 주목은 항암제의 원료로 쓰이고, 푸른곰팡이는 항생제인 페니실린의 원료로 쓰인다.

5 (1) 대규모의 서식지가 소규모로 나누어지면 가장자리의 비율이 증가하여 서식지의 면적이 줄어든다.

(2) 일부 외래종은 천적이 없어 대량으로 번식하여 토종 생물의 서식지를 차지하고 생존을 위협하므로 무분별한 외래종 도입은 생물 다양성을 감소시키는 원인이 될 수 있다.

(3) 농약 속 유해 물질이 먹이 사슬을 따라 이동하면서 생물 농축 일어나 인간에게 피해를 줄 수 있다.

6 생태 통로를 설치하면 도로나 철도 건설 등으로 인해 단편화된 서식지를 연결하여 야생 동물이 안전하게 이동할 수 있다.

7 서식지가 파괴되면 서식지 면적이 좁아져 생물 다양성이 크게 감소한다.

8 국립 공원 지정은 국가적 노력, 국제 협약 체결 및 이행은 국제적 노력에 해당한다.



자료 1 ④

자료 2 ④

1. 가. 사막, 초원, 삼림, 강, 습지는 비생물적 요인이 서로 다른 생태계이므로 (가)는 생태계 다양성이다.

다. (다)는 한 생물종에서 나타나는 유전적 다양성이다. 사람에 따라 눈동자 색이 다른 것은 사람마다 눈동자 색을 결정하는 대립유전자가 다르기 때문에 나타나므로 유전적 다양성에 해당한다.

바로알기 나. (나)는 종 다양성이다. 생태계에 따라 기온, 강수량 등의 환경 요인이 달라 서식하는 생물종이 다르므로 종 다양성은 지역마다 다르다.

2. 가. ㉠에는 6종의 식물, ㉡에는 4종의 식물이 각각 서식하므로 식물의 종 다양성은 ㉠에서가 ㉡에서보다 높다.

나. ㉠과 ㉡의 면적이 같고, ㉠에서 B의 개체 수와 ㉡에서 E의 개체 수가 같으므로 ㉠에서 B의 개체군 밀도와 ㉡에서 E의 개체군 밀도는 같다.

바로알기 다. 뒤쥐의 대립유전자 구성이 다양한 것은 유전적 다양성에 해당한다.

## 수능 2점 다지기

본책 179쪽~180쪽

1 ①      2 ③      3 ①      4 ④      5 ⑤      6 ③  
7 ⑤      8 ④

### 1 생물 다양성

#### |선택지 분석|

㉠ 사람마다 눈동자 색이 다른 것은 유전적 다양성에 해당한다.

㉡ 종 다양성에는 동물 종과 식물 종만 포함된다. 모든 생물종이

한 생태계 내에 존재하는 생물의 다양한 정도를 생태계 다양성이라고 한다. 종 다양성

가. 사람마다 눈동자 색이 다른 것은 같은 생물종이라도 개체마다 가진 대립유전자가 달라서 나타나는 유전적 다양성에 해당한다.

바로알기 나. 종 다양성에는 동물 종과 식물 종뿐 아니라 세균과 같이 생태계를 구성하는 모든 생물종이 포함된다.

다. 한 생태계 내에 존재하는 생물의 다양한 정도는 종 다양성이다. 생태계 다양성은 삼림, 사막, 습지 등 일정한 지역에 존재하는 생태계의 다양한 정도이다.

### 2 생물 다양성

#### |선택지 분석|

(가)	(나)	(다)
<input checked="" type="checkbox"/> 유전적 다양성	생태계 다양성	종 다양성
<input checked="" type="checkbox"/> 유전적 다양성	종 다양성	생태계 다양성
<input checked="" type="checkbox"/> 종 다양성	생태계 다양성	유전적 다양성
<input checked="" type="checkbox"/> 종 다양성	유전적 다양성	생태계 다양성
<input checked="" type="checkbox"/> 생태계 다양성	종 다양성	유전적 다양성

(가)는 한 생태계에 서식하는 생물종의 다양한 정도를 의미하는 종 다양성, (나)는 일정한 지역에서 나타나는 생태계의 다양한 정도를 의미하는 생태계 다양성, (다)는 같은 생물종에서 대립유전자가 다양하여 형질 차이가 나타나는 것을 의미하는 유전적 다양성에 해당한다.

### 3 생물 다양성

#### |선택지 분석|

㉠ A는 한 개체군 내에서 나타난다.

㉡ A가 높은 종은 환경이 급격하게 변화했을 때 멸종할 확률이 높다. 낮다.

㉢ B가 높은 생태계일수록 먹이 그물이 단순하게 형성된다. 복잡하게

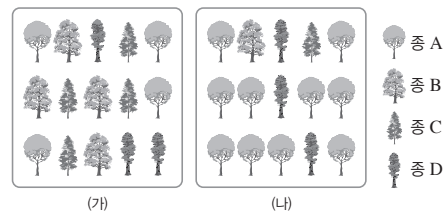
가. (나)는 털 무늬가 다양한 기린들을 나타내므로 A는 유전적 다양성이다. 유전적 다양성(A)은 한 개체군 내에 존재하는 대립유전자의 다양한 정도이다.

바로알기 나. 유전적 다양성(A)이 높을수록 개체들의 형질이 다양하게 나타나므로 환경이 급격하게 변화했을 때 변화된 환경에 적응하기 유리한 형질을 가진 개체가 존재할 확률이 높다. 따라서 환경이 급격하게 변화했을 때 멸종할 확률이 낮다.

다. B는 종 다양성이다. 종 다양성(B)이 높을수록 먹이 그물이 복잡하게 형성되어 생태계가 안정적으로 유지된다.

### 4 종 다양성

#### |자료 분석|



전체 면적을 1로 봤을 때

구분	종 A		종 B		종 C		종 D	
	밀도	상대 밀도	밀도	상대 밀도	밀도	상대 밀도	밀도	상대 밀도
(가)	4	$\frac{4}{15}$	4	$\frac{4}{15}$	4	$\frac{4}{15}$	3	$\frac{3}{15}$
(나)	10	$\frac{10}{15}$	1	$\frac{1}{15}$	1	$\frac{1}{15}$	3	$\frac{3}{15}$

#### |선택지 분석|

㉠ 식물의 종 다양성은 (나)보다 (가)에서 높다.

㉡ D의 개체군 밀도는 (가)와 (나)에서 같다.

㉢ 같은 종의 달팽이에서 껍데기의 무늬와 색깔이 다양하게 나타나는 것은 종 다양성에 해당한다. 유전적 다양성

가. (가)와 (나)에 서식하는 식물 종 수는 각각 4종으로 같지만, 각 식물 종의 분포 비율이 (나)보다 (가)에서 균등하므로 식물의 종 다양성은 (나)보다 (가)에서 높다.

나. (가)와 (나)는 면적이 같고, D의 개체 수는 (가)와 (나)에서 각각 3으로 같으므로 D의 개체군 밀도는 (가)와 (나)에서 같다.

바로알기 다. 같은 종의 달팽이에서 껍데기의 무늬와 색이 다양하게 나타나는 것은 대립유전자의 차이에 의한 것으로 유전적 다양성에 해당한다.

## 5 생물 다양성과 생태계 평형

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)에서 개구리가 사라지면 뱀도 사라질 것이다.
- ㉡ (나)는 (가)보다 종 다양성이 높다.
- ㉢ (나)는 (가)보다 생태계의 안정성이 높다.

㉠. (나)에서는 개구리가 사라져도 뱀이 개구리 대신 쥐를 먹고 살 수 있지만, (가)에서는 개구리가 사라지면 뱀은 먹이가 없어 굶어 죽을 것이다.

㉡, ㉢. 생물종이 다양하여 먹이 사슬이 복잡하게 얽힌 (나)가 생물종이 적어 먹이 사슬이 단순한 (가)보다 생태계 평형이 잘 유지된다. 따라서 (나)는 (가)보다 생태계의 안정성이 높다.

## 6 생물 자원

### [선택지 분석]

- ㉠ 모두 생물 자원에 해당한다.
- ㉡ 목화를 이용하여 면섬유를 만든다.
- ㉢ 푸른곰팡이로부터 진통제의 주성분을 얻는다. 항생제

㉠. 인간에게 식량을 제공하는 벼, 면섬유를 제공하는 목화, 항생제인 페니실린의 원료를 제공하는 푸른곰팡이는 모두 생물 자원에 해당한다.

㉡. 목화의 씨에 붙어 있는 솜털을 이용하여 의복 재료인 면섬유를 만든다.

**바로알기** ㉢. 푸른곰팡이는 항생제인 페니실린의 원료가 된다.

## 7 생물 다양성의 감소 원인

### [선택지 분석]

- ㉠ '서식지 파괴와 단편화'는 ㉠에 해당한다.
- ㉡ 모두 생태계의 안정성을 감소시킨다.
- ㉢ 개인적, 사회적, 국가적, 국제적 노력을 통해 생물 다양성을 감소시키는 요인을 줄일 수 있다.

㉠. 서식지 파괴와 단편화, 무분별한 개발과 환경 오염, 불법 포획과 남획, 천적이 없는 외래종의 도입은 모두 생물 다양성을 감소시키는 요인이다. 따라서 서식지 파괴와 단편화는 ㉠에 해당된다.

㉡. 제시된 요인들은 모두 생물 다양성을 감소시켜 생태계의 먹이 그물을 단순하게 만들고, 생태계의 평형 유지 능력을 감소시킨다.

㉢. 개인적, 사회적, 국가적, 국제적 노력이 함께 이루어져야 생물 다양성을 감소시키는 요인을 효과적으로 줄일 수 있다.

## 8 서식지 단편화

### [선택지 분석]

- ㉠ 서식지 분할 후 동물 개체군의 크기가 감소할 것이다.
- ㉡ 생태 통로를 설치하면 생물 다양성 감소를 예방할 수 있다.
- ㉢ 서식지 분할 후 동물의 서식지 면적은 도로와 철도가 차지하는 만큼만 감소할 것이다.

㉠. 철도와 도로의 건설로 서식지가 단편화되면 서식지의 면적이 감소하고 동물의 이동이 제한되면서 개체군의 크기가 감소한다.

㉡. 생태 통로를 설치하면 단절된 서식지를 연결하여 동물이 안전하게 이동할 수 있어 생물 다양성 감소를 예방할 수 있다.

**바로알기** ㉢. 서식지 분할 후 도로 및 철도와 접하고 있는 가장자리 면적의 길이가 늘어남으로 이 동물이 서식할 수 있는 면적은 도로와 철도가 차지하는 면적보다 더 많이 감소할 것이다.

## 수능 3점 끝하기

본책 181쪽~182쪽

- |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 ㉢ | 2 ㉠ | 3 ㉣ | 4 ㉠ | 5 ㉡ | 6 ㉣ |
| 7 ㉤ | 8 ㉢ |     |     |     |     |

## 1 생물 다양성

### [선택지 분석]

- ㉠ (가)~(다) 중 종 균등도와 가장 관련이 깊은 것은 (가)이다.
- ㉡ (나)가 높으면 서로 다른 환경에서 다양한 종이 진화할 수 있다.
- ㉢ 대립유전자의 종류가 적을수록 (다)가 높다. 다양할수록

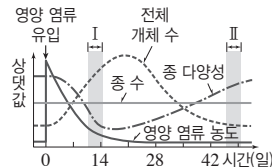
㉠. (가)는 종 다양성이다. 종 다양성은 종 풍부도(서식하는 생물 종의 다양한 정도)와 종 균등도(각 생물종의 분포 비율이 고른 정도)가 높을수록 높다.

㉡. 해령, 해산, 해구는 환경 조건이 서로 다른 생태계이므로 (나)는 생태계 다양성이다. 생태계 다양성이 높으면 서로 다른 환경에 적응하는 과정에서 다양한 생물종이 진화할 수 있다.

**바로알기** ㉢. 같은 종의 토끼 사이에서 나타나는 털색의 다양함은 털색을 결정하는 대립유전자의 차이에 의한 것이므로 (다)는 유전적 다양성이다. 대립유전자가 다양할수록 유전적 다양성이 높다.

## 2 생물 다양성

### [자료 분석]



- 종 다양성은 종 수가 많을수록 높아진다.
- 종 다양성은 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율이 균등할수록 높아진다.

구간 I에서와 구간 II에서는 종 수가 같지만 종 다양성은 구간 I에서보다 구간 II에서가 높다. → 구간 I에서가 구간 II에서보다 종 균등도가 낮다.

### [선택지 분석]

- ㉠ 구간 I에서 개체 수가 증가하는 종이 있다.
- ㉡ 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율은 구간 I에서가 구간 II에서보다 균등하다. 덜 균등하다.
- ㉢ 종 다양성은 동일한 생물종이라도 형질이 각 개체 간에 다르게 나타나는 것을 의미한다. 유전적 다양성

㉠. 구간 I에서 종 수는 변하지 않는 반면, 전체 개체 수는 증가하므로 이 구간에서 개체 수가 증가하는 종이 있다.

**바로알기** ㉡. 종 다양성은 종 수가 많고, 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율이 균등할수록 높아진다. 구간 I에서와 구간 II에서 종 수가 같은데 종 다양성이 구간 I에서가 구간 II에서보다 낮으므로 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율은 구간 I에서가 구간 II에서보다 덜 균등하다.

㉢. 동일한 생물 종이라도 형질이 각 개체 간에 다르게 나타나는 것은 대립유전자의 차이에 의해 나타나는 유전적 다양성을 의미한다.

### 3 유전적 다양성

#### |선택지 분석|

- ㉠ 이 종 내에서 유전적 다양성을 보전하기 위한 개체군의 최소 크기는 약  $10^4$ 이다.  
 ㉡ 개체군 크기가  $10^3$ 보다  $10^5$ 일 때 환경 변화에 대한 적응력이 높다.  
 ✕ 생물 다양성 중 생태계 다양성에 해당된다. 유전적 다양성

㉠. 개체군 크기가  $10^4$ 보다 클 때 유전자 변이의 수가 최대로 유지되므로 이 종 내에서 유전적 다양성을 보전하기 위한 개체군의 최소 크기는 약  $10^4$ 이다.

㉡. 개체군 크기가  $10^3$ 보다  $10^5$ 일 때 유전자 변이의 수가 많아 유전적 다양성이 높으므로 환경 변화에 대한 적응력이 높다.

바로알기 ㉢. 같은 생물종의 집단인 개체군 내에서의 유전자 변이를 나타낸 것이므로 생물 다양성 중 유전적 다양성에 해당한다.

### 4 군집의 구조와 종 다양성

#### |선택지 분석|

- ㉠ 식물 종 다양성은 ㉠에서가 ㉡에서보다 높다.  
 ✕ C의 개체군 밀도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 낮다. 같다.  
 ✕ D의 상대 밀도는 ㉠과 ㉡에서 같다. 다르다.

㉠. ㉠에는 4종, ㉡에는 3종의 식물이 각각 서식하므로 종 다양성은 ㉠에서가 ㉡에서보다 높다.

바로알기 ㉢. ㉠의 면적은 ㉡의 2배이며, ㉠에서 C의 개체 수는 ㉡의 2배이므로 C의 개체군 밀도는 ㉠과 ㉡에서 같다.

㉢. D의 상대 밀도는 ㉠에서는  $\frac{12}{60} \times 100 = 20(\%)$ 이고, ㉡에서는  $\frac{12}{40} \times 100 = 30(\%)$ 이다.

### 5 종 다양성 비교

#### |선택지 분석|

- ✕ 종 A의 상대 밀도는 (가)와 (나)에서 같다. 다르다. 낮아진다.  
 ✕ (가)에서 종 C의 개체 수가 많아지면 종 다양성이 높아진다.  
 ㉡ (나)에서 밀도는 종 D가 종 B보다 작다.

두 지역의 개체 수는 왼쪽에서 종 A는 6, 종 B는 6, 종 C는 8, 종 D는 4(총 24)이고, 오른쪽에서 종 A는 6, 종 B는 2, 종 C는 13, 종 D는 7(총 28)이다. 왼쪽과 오른쪽은 생물종 수가 같지만, 오른쪽이 왼쪽보다 각 종의 분포가 덜 균등하므로 종 다양성은 오른쪽이 왼쪽보다 낮다. 따라서 오른쪽이 (가), 왼쪽이 (나)이다.

㉢. (나)에서 종 D가 종 B보다 개체 수가 적으므로 종 D의 밀도가 종 B의 밀도보다 작다.

바로알기 ㉠. 종 A의 상대 밀도는 (가)에서는  $\frac{6}{24} \times 100 = 25(\%)$ 이고, (나)에서는  $\frac{6}{28} \times 100 = 21.4(\%)$ 이다.

㉡. 생물종의 수가 같더라도 생물종의 분포 비율이 균등할수록 종 다양성이 높아진다. (가)에서 C의 개체 수가 가장 많으므로 C의 개체 수가 더 많아지면 C의 분포 비율이 더 높아져 종의 균등도가 낮아지므로 종 다양성이 낮아진다.

### 6 생물 다양성의 중요성

#### |선택지 분석|

- ㉠ (가)는 종 다양성이다.  
 ✕ (가)가 낮은 생태계일수록 한 종의 멸종으로 다른 종이 멸종할 확률이 낮다. 높다.  
 ㉡ ㉠은 의약품의 원료를 제공하는 생물 자원이다.

㉠. 다양한 종이 서식하는 생태계일수록 먹이 그물이 복잡하게 형성되므로 (가)는 종 다양성이다.

㉢. 팔각회향은 기생충 치료제의 원료, 주목은 항암제의 원료, 버드나무는 진통제의 원료로 이용되는 생물 자원이다.

바로알기 ㉡. 종 다양성(가)이 낮은 생태계일수록 먹이 그물이 단순하므로 한 생물종이 멸종하면 대체할 수 있는 생물종이 있을 확률이 낮아 이를 먹이로 하는 생물종도 멸종할 가능성이 높다.

### 7 외래종의 도입

#### |선택지 분석|

- ㉠ K의 도입으로 생물 다양성이 감소하였다.  
 ㉡ K의 도입 후 C의 개체 수는 일시적으로 증가할 것이다.  
 ㉢ D가 멸종되어도 I는 멸종되지 않을 수 있다.

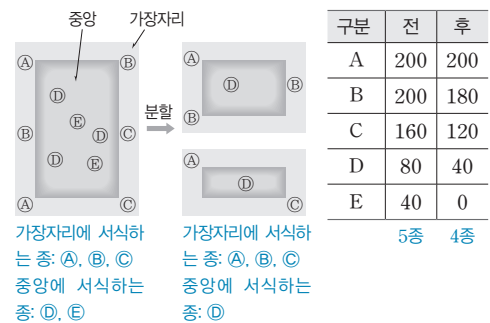
㉠. K가 도입된 후 전체 생물종의 수는 유지되었지만 각 생물종의 분포 비율이 덜 균등해졌다. 따라서 K의 도입으로 종 다양성이 감소하였다.

㉡. K가 도입된 후 C의 포식자인 F, G, H의 개체 수가 감소하였으므로 C의 개체 수는 일시적으로 증가할 것이다.

㉢. I는 D가 사라져도 E나 G를 먹이로 하여 살 수 있으므로 멸종되지 않을 수 있다.

### 8 서식지 단편화

#### |자료 분석|



#### |선택지 분석|

- ㉠ 종 다양성이 감소하였다.  
 ✕ 서식지의 가장자리에 서식하는 생물종의 수가 감소하였다. 중앙  
 ㉢ 가장자리의 비율이 증가하여 서식지 중앙의 면적이 감소하였다.

㉠. 서식지가 분할되기 전에는 5종의 생물이 서식하였지만 서식지가 분할된 후에는 4종의 생물이 서식한다. 따라서 서식지가 분할된 후 종 다양성이 감소하였음을 알 수 있다.

㉢. 서식지가 분할되면 가장자리의 면적이 증가하고 서식지 중앙의 면적은 감소한다.

바로알기 ㉡. 서식지 중앙에는 분할 전에 2종이 서식하였으나 분할 후 1종만 서식한다. 따라서 서식지 중앙에 서식하는 생물종의 수가 감소하였다. 가장자리에는 분할 전과 후 모두 3종이 서식한다.

# Memo\*



A series of horizontal dashed lines for writing, spanning the width of the page.