



www.ebsi.co.kr

EBS 개념완성 문항편

# 정답과 해설

생명과학 I

## I. 생명 과학의 이해

### 01 생물의 특성과 생명 과학의 특성

#### 핵심 개념 체크

본문 006쪽

- |                |       |
|----------------|-------|
| 1 물질대사, 동화, 이화 | 2 항상성 |
| 3 발생           | 4 진화  |
| 6 단백질          | 7 통합적 |
| 5 숙주 세포        |       |

#### 출제 예상 문제

본문 007~008쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ② | 03 ⑤ | 04 ④ | 05 ⑤ |
| 06 ③ | 07 ④ | 08 ⑤ | 09 ② | 10 ⑤ |

#### 01

바다에 사는 야광충이 몸 속에 있는 발광 물질을 산화시켜 빛에너지를 방출하는 것은 생물의 특성 중 물질대사와 가장 관련이 깊다.

①: 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응이다.

②: 자신과 같은 종의 자손을 남기는 현상을 생식이라 하고, 자손이 어버이의 형질을 이어받는 것을 유전이라 한다.

③: 생물이 서식 환경에 알맞은 몸의 형태나 기능 등을 갖게 되는 과정이나 결과를 적응이라 하고, 생물이 여러 세대를 거치면서 집단 내의 유전자 구성이 변화하는 과정이나 결과를 진화라 한다.

④: 다세포 생물에서 생식세포의 수정으로 생성된 수정란이 개체가 되는 과정을 발생이라 하고, 발생한 개체가 세포 분열을 통해 세포 수를 늘려감으로써 자라는 과정을 생장이라 한다.

⑤: 자극에 대한 반응은 생명체 내에서 생명체에 주어지는 환경 변화에 대해 생명체에서 일어나는 상태 변화이다.

#### 02

자료에 제시된 예는 공통적으로 생물의 특성 중 자극에 대한 반응과 가장 관련이 깊다.

①: 효모가 포도당을 분해하여 알코올을 만드는 것은 물질대사에 해당한다.

②: 지렁이에게 빛을 비추면 어두운 곳으로 이동하는 것은 자극에 대한 반응에 해당한다.

③: 부채선인장의 잎이 가시로 변해 물의 손실을 최소화하는 것은 적응과 진화에 해당한다.

④: 올챙이가 자라는 동안 뒷다리가 먼저 생긴 후 앞다리가 생기는 것은 발생과 생장에 해당한다.

⑤: 식물의 엽록체에서 흡수된 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 것은 물질대사에 해당한다.

#### 03

①: 혈당량이 높아지면 인슐린의 분비량이 증가하는 것은 항상성에 해당한다.

②: 메뚜기가 변태와 탈피를 하면서 성충이 되는 것은 발생과 생장에 해당한다.

③: 갈라파고스 군도에 사는 핀치의 부리 모양이 먹이의 종류에 따라 다양하게 나타나는 것은 적응과 진화에 해당한다.

#### 04

(가) 엄마가 적록 색맹이면 아들도 적록 색맹인 것은 생식과 유전에 해당한다.

(나) 얼굴을 향해 날아오는 농구공을 피하는 것은 자극에 대한 반응에 해당한다.

(다) 갈라파고스 군도 거북은 목이 길고 안장형의 등껍질이 있어 키가 큰 선인장을 먹는 데 유리한 것은 적응과 진화에 해당한다.

#### 05

①: 반응물보다 생성물의 에너지 수준이 높아지는 반응으로 에너지가 흡수되는 동화 작용이고, ②는 반응물보다 생성물의 에너지 수준이 낮아지는 반응으로 에너지가 방출되는 이화 작용이다.

㉠: ①은 동화 작용이다.

㉡: 발아 중인 콩에서는 이화 작용의 하나인 세포 호흡이 일어나며 ②와 같은 에너지 변화가 일어난다.

㉢: 동화 작용(㉠)과 이화 작용(㉡)은 물질대사에 해당하며, 물질대사에는 효소가 관여한다.

#### 06

생물의 특성 중 생식, 유전, 진화와 같은 특성은 종족 유지 현상(가)에 속하고, 세포로 구성(A), 물질대사(B), 자극에 대한 반응과 같은 특성은 개체 유지 현상(나)에 속한다.

㉠: (가)는 종족 유지 현상이다.

㉡: 박테리오파지는 세포로 구성되어 있지 않아 A의 특징을 가지지 않는다.

㉢: 줄박각시나방이 지방을 분해하여 비행에 필요한 에너지를 얻는 것은 물질대사(B)에 해당한다.

#### 07

A는 박테리오파지, B는 대장균이다.

㉠: 박테리오파지(A)는 단백질을 가진다.

㉡: 박테리오파지(A)는 세포로 구성되어 있지 않기 때문에 숙주인 대장균(B)의 체내에서 세포 분열을 통해 증식할 수 없다.

㉢: 박테리오파지(A)와 대장균(B)은 모두 유전 물질을 가진다.

#### 08

㉠: '유전 물질인 핵산을 가지고 있다.'는 바이러스의 생물적 특성에 해당한다.

㉡: '살아 있는 숙주 세포 내에서 물질대사를 한다.'는 바이러스의 생물적 특성에 해당한다.

㉢: '증식 과정에서 돌연변이가 일어나 많은 변종 바이러스가 형성된다.'는 바이러스의 생물적 특성에 해당한다.

#### 09

㉠: '생식과 발생을 한다.'는 ㉡에 해당한다.

㉡: '세포로 구성되어 있다.'는 ㉢에 해당한다.

㉢: '유전 물질을 가진다.'는 강아지와 바이러스의 공통점에 해당한다.

#### 10

㉠: 구제역 바이러스는 유전 물질을 가진다.

㉡: 구제역 바이러스의 크기는 세균보다 작아 세균 여과기를 통과한다.

㉢: 구제역 바이러스는 발굽이 2개인 가축을 숙주로 한다.



## 서답형 문제

본문 009쪽

01 (가): 적응과 진화 (나): 발생 (다): 생식과 유전

02 해설 참조

03 해설 참조

04 해설 참조

05 해설 참조

06 해설 참조

## 01

(가) 아프리카펭귄이 남극펭귄에 비해 몸집이 작고 땀샘이 발달한 것은 적응과 진화에 해당한다.

(나) 민들레 씨앗이 발아하여 뿌리, 줄기, 잎으로 분화하는 것은 발생에 해당한다.

(다) 혈액형이 O형인 부모에게서 태어난 자손의 혈액형이 O형인 것은 생식과 유전에 해당한다.

## 02

효모가 포도당을 이용하여 세포 호흡을 하면 알코올과 이산화 탄소가 생성되고, 열이 발생한다. 발생한 이산화 탄소에 의해 석회수가 뿌옇게 흐려진다. 효모의 세포 호흡은 생물의 특성 중 물질대사의 이화 작용에 해당한다.

**모범답안** 효모의 세포 호흡에 의해 병 안의 온도가 높아지고, 발생한 이산화 탄소에 의해 석회수가 뿌옇게 흐려진 것은 물질대사 중 이화 작용에 의한 결과이다. 따라서 물질대사의 예에 해당한다.

채점 기준	배점
세포 호흡, 이화 작용, 물질대사의 용어를 사용하여 서술한 경우	100 %
세포 호흡, 물질대사의 용어를 사용하여 서술한 경우	70 %

## 03

**모범답안** 생물이라 할 수 없다. 이 돌이 비를 맞아 모양이나 크기가 바뀌는 것은 일종의 화학 반응이다. 이 돌은 세포 구조가 아니고, 물질대사가 일어나지 않아 생물이라고 할 수 없다.

채점 기준	배점
세포, 물질대사의 용어를 사용하여 생물이 아니라고 서술한 경우	100 %
생물의 특성 중 1가지 이상을 들어 생물이 아니라고 서술한 경우	70 %

## 04

**모범답안** 이 자료에 나타난 생물의 특성은 항상성이다. 항상성은 생물이 주변 환경과 생물체 내부의 변화를 자극으로 받아들이고 적절히 반응하여 몸 안의 상태를 일정하게 유지하는 데 큰 도움이 된다.

채점 기준	배점
항상성과 그 이점을 옳게 서술한 경우	100 %
항상성의 의미에 대한 서술 없이 이점에 대해서만 서술한 경우	50 %

## 05

**모범답안** 공통점: '유전 물질을 가진다.', '단백질을 가진다.' 등  
차이점: '(가)는 세포 구조가 아니고, (나)는 세포 구조이다.', '(가)는 스스로 물질대사를 할 수 없고, (나)는 스스로 물질대사를 할 수 있다.' 등

채점 기준	배점
공통점과 차이점이 모두 맞은 경우	100 %
공통점과 차이점 중 하나만 맞은 경우	50 %

## 06

**모범답안** 주변 환경의 온도에 적응하여 살기 위해 귀와 몸집의 크기를 달리한 것은 적응과 진화의 특성과 가장 관련이 깊다.

채점 기준	배점
주변 환경의 온도, 귀와 몸집의 크기를 연관지어 서술한 경우	100 %
위 내용 중 일부만 서술한 경우	70 %

## 02 생명 과학의 탐구 방법

## 핵심 개념 체크

본문 010쪽

- 1 귀납적 탐구 방법    2 대조 실험    3 가설  
4 조작 변인, 통제 변인    5 일반화  
6 변인 통제

## 출제 예상 문제

본문 011~012쪽

- 01 ③    02 ④    03 ⑤    04 ③    05 ⑤  
06 ②    07 ③    08 ④

## 01

관찰 주제를 선정하여 관찰을 하고 그 결과를 해석하여 결론을 도출하는 탐구 방법을 귀납적 탐구 방법이라 한다.

✕ : 변인을 통제하는 단계는 연역적 탐구 방법에 있고, 귀납적 탐구 방법에는 없다.

✕ : 관찰에 의해 인식된 문제에 대한 잠정적인 답을 설정하는 단계는 가설 설정 단계이며, 연역적 탐구 방법에 있다.

○ : 귀납적 탐구 방법은 구체적인 관찰 사실을 종합하여 일반적인 법칙이나 원리를 도출하는 탐구 방법이다.

## 02

침팬지 연구 실험(A)은 귀납적 탐구 방법에 해당하는 탐구 사례이고, 각기병 연구(B)와 탄저병 예방 백신 연구(C)는 연역적 탐구 방법에 해당하는 탐구 사례이다.

✕ : 귀납적 탐구 방법에 해당하는 탐구 사례이다.

○, ○ : B와 C는 가설을 설정하고 검증하는 과정이 있으므로 연역적 탐구 방법에 해당하는 탐구 사례이다.

## 03

○ : 조작 변인은 실험에서 의도적으로 변화시키는 변인이다. 이 실험은 배즙의 유무에 따른 단백질의 분해 정도를 알아보기 위한 실험이므로 배즙의 유무는 조작 변인에 해당한다.

○ : 제시된 실험은 37 °C에서 일정 시간 동안 진행하였으므로 온도는 통제 변인에 해당한다.

○ : 제시된 탐구 과정은 가설을 설정하고 실험을 통해 검증하는 연역적 탐구이다.

## 04

(가)는 실험의 결과를 분석하는 단계에 해당한다. (나)는 의문에 대한 잠

정적인 답을 설정하므로 가설 설정 단계에 해당한다. (다)는 탐구 수행 단계에 해당한다. (라)는 관찰을 통해 의문을 갖는 문제 인식 단계에 해당한다. (마)는 실험을 통해 얻은 결과를 이용해 결론을 내리는 단계에 해당한다. 제시되어 있는 (가)~(마)를 탐구 과정의 순서대로 배열하면 (라) → (나) → (다) → (가) → (마)이다.

## 05

자연 현상을 관찰하면서 인식한 문제를 해결하기 위해 잠정적인 답인 가설을 세우고 그 가설의 옳고 그름을 검증하는 탐구 과정을 연역적 탐구 방법이라 한다.

㉠ : 탐구 설계 및 수행 단계에서 대조 실험을 수행한다.

㉡ : 탐구 결과가 가설과 일치하지 않을 때는 가설을 수정하여 새로운 탐구를 설계하고 수행한다.

㉢ : 연역적 탐구 방법은 자연 현상을 관찰하면서 생긴 의문의 답을 찾기 위해 검증을 통해 결론을 얻는 탐구 방법이다.

## 06

㉠ : 아메바의 핵을 제거한 집단 A는 실험군이다.

㉡ : '아메바의 생명 활동에 핵이 중요할 것이다.' 등의 가설을 설정하는 단계가 빠져 있다.

㉢ : 아메바의 생존 여부는 종속변인이다.

## 07

㉠ : 실험을 통해 알게 된 것이 탄수화물과 지방을 뺀 사료를 먹인 집단이 정상적인 사료를 먹인 집단보다 체중이 감소했다는 것이므로 가설로 '탄수화물이나 지방을 적게 먹으면 체중이 감소할 것이다.'가 적절하다.

㉡ : 체중 변화는 종속변인에 해당한다.

㉢ : 집단 A는 대조군이다.

## 08

㉠ : 귀납적 탐구 방법은 대조 실험을 수행하지 않는다. 대조 실험은 연역적 탐구 방법에서 수행한다.

㉡ : 가젤영양의 뿔뿔기 행동은 같은 상황에서 반복적으로 나타난다는 것을 여러 번의 관찰을 통해 알게 되었으므로 ㉠에 '포식자가 주변에 나타나면 가젤영양은 엉덩이를 치켜드는 뿔뿔기 행동을 한다.'가 적절하다.

㉢ : 가젤영양의 뿔뿔기 행동 연구는 생명 현상에 대한 관찰 결과를 바탕으로 규칙성을 발견하고 결론을 얻어냈으므로 귀납적 탐구 방법이다.

### 서답형 문제

본문 013쪽

- 01 해설 참조      02 관찰 → 문제 인식 → 가설 설정 → 탐구 설계 → 탐구 수행 → 결과 분석 → 결론 도출 → 일반화  
03 ㉠ 조작 변인, ㉡ 통제 변인, ㉢ 종속변인      04 해설 참조  
05 해설 참조      06 실험군: 배양 접시 A, 대조군: 배양 접시 B

## 01

**모범답안** 귀납적 탐구 방법, 관찰 내용이 잘못된 경우 잘못된 결론을 내릴 수 있다. 예를 들어 현미경으로 세포를 관찰할 때 물방울을 세포라 할 수 있다. 또는 관찰 사례의 수에 따라 잘못된 결론을 내릴 수 있다. 예를 들어 까마귀를 여러 번 관찰한 결과 까마귀는 검은색이라고 결론을 내릴 수 있다. 하지만 계속 관찰한 결과 흰색의 까마귀를 관찰하게 된다면 결론이 틀릴 수 있다.

채점 기준	배점
탐구 방법을 제대로 쓰고, 문제점을 예를 들어 옳게 서술한 경우	100 %
탐구 방법과 문제점의 예 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

## 02

연역적 탐구 방법의 단계는 관찰 → 문제 인식 → 가설 설정 → 탐구 설계 → 탐구 수행 → 결과 분석 → 결론 도출 → 일반화 → 확설 순이다.

## 03

실험에서 의도적으로 변화시키는 변인은 조작 변인(㉠), 실험에서 일정하게 유지시키는 변인은 통제 변인(㉡), 실험 결과에 해당하는 변인은 종속변인(㉢)이다.

## 04

**모범답안** 이 실험의 조작 변인은 효소 X의 유무이다. 효소 X의 유무를 제외한 나머지 변인은 두 시험관에서 동일해야 한다. 현재 실험 설계에서는 온도가 두 시험관에서 다르므로 효소 반응이 잘 일어나는 온도로 같게 변인 통제해야 한다.

채점 기준	배점
조작 변인과 통제 변인을 모두 언급하여 서술한 경우	100 %
한 변인만 언급하여 서술한 경우	70 %

## 05

**모범답안** '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제할 것이다.', '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만들 것이다.' 등

채점 기준	배점
가설로 적절한 경우	100 %
실험과 관련이 없는 가설인 경우	0 %

## 06

실험군은 검증하려는 요인을 변화시키는 집단이고, 대조군은 실험군과 비교하기 위해 검증하려는 요인을 변화시키지 않은 집단이다.

본문 014~016쪽

대단원 종합 문제		I. 생명 과학의 이해		
01 ⑤	02 ⑤	03 ⑤	04 ①	05 ⑤
06 ④	07 ②	08 ④	09 ③	10 ①
고난도 문제				
11 ⑤	12 ④	13 ②	14 ⑤	

## 01

제시된 예는 생물의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

㉠ : 나비 애벌레가 번데기를 거쳐 성충이 되는 것은 발생과 생장에 해당한다.

㉡ : 사람의 간에서 암모니아가 요소로 전환되는 것은 물질대사에 해당한다.

㉢ : 적록 색맹인 어머니로부터 적록 색맹인 아들이 태어나는 것은 생식과 유전에 해당한다.

㉣ : 운동할 때 증가한 심장 박동수가 휴식을 취하면 정상으로 되돌아오는 것은 항상성에 해당한다.

㉤ : 살충제를 살포한 후 살충제에 저항성을 갖는 모기가 증가하는 것은 적응과 진화에 해당한다.

## 02

(가)는 의문에 대한 잠정적인 답을 설정하므로 가설 설정 단계에 해당한다. (나)는 관찰을 통해 의문을 갖는 문제 인식 단계에 해당한다. (다)는 관찰 단계에 해당한다. (라)는 실험을 통해 얻은 결과를 이용해 결론을 내리는 결론 도출 단계에 해당한다. (마)는 탐구 수행을 통해 얻은 결과를 분석하는 결과 분석 단계에 해당한다. (바)는 가설이 맞는지 검증하는 탐구 수행 단계에 해당한다. 제시되어 있는 (가)~(바)를 탐구 과정의 순서대로 배열하면 (다) → (나) → (가) → (바) → (마) → (라)이다.

## 03

- ㉠ : 파리지옥은 여러 개의 세포로 구성된 다세포 생물이다.  
 ㉡ : 파리지옥의 잎에 벌레가 앉으면 잎이 접히는 것은 자극에 대한 반응에 해당한다.  
 ㉢ : 파리지옥이 잎 안쪽에서 분비한 소화액으로 곤충을 소화시켜 에너지를 얻는 것은 물질대사에 해당한다. 효모가 포도당을 분해하여 알코올을 만드는 것도 물질대사에 해당한다.

## 04

- ㉠ : 조작 변인은 실험에서 의도적으로 변화시키는 변인이다.  
 ㉡ : 통제 변인은 실험에서 일정하게 유지시키는 변인이다.  
 ㉢ : 종속변인은 실험 결과에 해당하는 변인이다.

## 05

- ㉠ : 감자즙을 시험관 A에만 넣고, 시험관 B에는 넣지 않은 조건에서 산소 발생 유무를 확인하는 실험을 했기 때문에 감자즙의 유무는 조작 변인에 해당한다.  
 ㉡ : 대조군은 실험군과 비교하기 위해 검증하려는 요인을 변화시키지 않은 집단이다. 감자즙을 넣은 시험관 A가 실험군에 해당하고, 증류수를 넣은 시험관 B는 대조군에 해당한다. 따라서 이 실험에는 대조군이 설정되어 있다.  
 ㉢ : 카탈레이스는 과산화 수소를 물과 산소로 분해하는 효소이다. 감자즙을 넣은 시험관에서 산소가 발생한 것으로 보아 감자즙에는 카탈레이스가 들어 있다는 것을 확인할 수 있다.

## 06

- 갈라파고스 군도의 다양한 핀치에 대한 연구 과정은 관찰 주제를 선정하여 관찰하고 그 결과를 해석하여 결론을 도출하는 귀납적 탐구 방법이다.  
 ㉠ : 귀납적 탐구 방법에서는 가설 설정 단계가 없다.  
 ㉡ : 서식 지역과 먹이에 따라 핀치의 부리 모양이 달라지는 것은 적응과 진화에 해당한다.  
 ㉢ : 이 연구 과정은 귀납적 탐구 방법이다.

## 07

이 실험에서는 제초제 A의 농도를 달리한 후 물벼룩의 생존율을 조사했기 때문에 조작 변인은 제초제 A의 농도이고, 종속변인은 물벼룩의 생존율이다.

## 08

- 탐구 방법 (가)는 귀납적 탐구 사례이고, (나)는 연역적 탐구 사례이다.  
 ㉠ : (가)는 귀납적 탐구 사례이다.  
 ㉡ : 연역적 탐구 사례인 (나)에서는 의문에 대한 잠정적인 답을 먼저 설정한다.  
 ㉢ : 귀납적 탐구와 연역적 탐구에서는 모두 결론 도출 단계가 있다.

## 09

강아지 로봇은 (가)에 제시된 특징을 모두 가지지 않으므로 (나)에서 특징의 개수가 0인 C이다. 강아지 세포는 (가)에 제시된 특징을 모두 가지므로 (나)에서 특징의 개수가 2인 B이다. 박테리오파지는 (가)에 제시된 특징 중 '유전 물질이 있다.'는 특징 1개만을 가지므로 (나)에서 특징의 개수가 1인 A이다.

- ㉠ : A는 박테리오파지이다.  
 ㉡ : B는 강아지 세포이므로 물질대사의 한 종류인 동화 작용이 일어난다.  
 ㉢ : C는 강아지 로봇이므로 생식과 유전의 특징을 가지지 않는다.

## 10

뿌리혹박테리아와 콩과식물에 대한 자료는 물질대사에 해당한다.

## 11

- '혈액형이 A형인 부모 사이에서 O형인 아이가 태어난다.'는 생식과 유전의 예에 해당하므로 (가)는 생식과 유전이다. (다)에 제시된 예는 적응과 진화의 예에 해당하므로 (다)는 적응과 진화이다. 따라서 (나)는 자극에 대한 반응이다.  
 ㉠ : (가)는 생식과 유전이다.  
 ㉡ : (나)는 자극에 대한 반응이고, '미모사의 잎을 건드리면 잎이 접힌다.'는 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.  
 ㉢ : 생물의 특성 중 적응과 진화는 종족 유지 현상에 해당한다.

## 12

- 이 실험은 화성 토양에 생명체가 존재한다면 물질대사를 한다는 것을 전제로 하여, 화성 토양에서 물질대사가 일어나는지를 확인한 실험이다. (가)는 이화 작용 확인 실험이고, (나)는 동화 작용 확인 실험이다.  
 ㉠ : (가)는 이화 작용을 하는 생명체의 존재 여부를 확인하기 위한 것이다.  
 ㉡ : (나)의 화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있다면 동화 작용이 일어나 화성 토양에 방사능을 띠는 유기물이 생기고, 가열하였을 때 방사능 계측기를 통해  $^{14}\text{C}$ 를 포함한 물질이 검출될 것이다.  
 ㉢ : (가)와 (나)는 각각 이화 작용과 동화 작용을 확인하기 위한 실험이므로 생물의 특성 중 물질대사가 일어나는지를 확인하기 위한 것이다.

## 13

- 박테리오파지는 유전 물질을 가지고 있고, 살아 있는 세포 안에서만 물질대사를 한다. 짙신벌레는 단세포 진핵생물이며 세포 분열을 통해 증식하고, 유전 물질을 가지고 있다.  
 ㉠ : '세포 분열을 통해 증식한다.'는 ㉡에 해당한다.  
 ㉡ : 박테리오파지와 짙신벌레는 모두 유전 물질을 가지므로 '유전 물질을 가지고 있다.'는 ㉡에 해당한다.  
 ㉢ : '살아 있는 세포 안에서만 물질대사를 한다.'는 ㉠에 해당한다.

## 14

- ㉠ : 절수는 의문점에 대해 가설을 세우고 실험을 통해 검증하고 결론을 도출했기 때문에 연역적 탐구를 수행하였다.  
 ㉡ : 빛의 파장이 광합성에 미치는 영향을 알아보기 위해 빛의 파장을 달리하여 실험을 했으므로 조작 변인은 빛의 파장이다.  
 ㉢ : 산소를 좋아하는 세균은 빛의 파장이 450 nm에서가 550 nm에서보다 더 많이 분포한다. 따라서 조류 세포에서 광합성은 빛의 파장이 450 nm에서가 550 nm에서보다 활발하다.



## II. 사람의 물질대사

### 03 생명 활동과 에너지

#### 핵심 개념 체크

본문 017쪽

- |           |                |         |
|-----------|----------------|---------|
| 1 물질대사    | 2 동화 작용, 이화 작용 | 3 세포 호흡 |
| 4 고에너지 인산 | 5 ATP          |         |

#### 출제 예상 문제

본문 018~019쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ㉠ | 02 ㉠ | 03 ㉡ | 04 ㉠ | 05 ㉠ |
| 06 ㉡ | 07 ㉢ | 08 ㉠ | 09 ㉠ | 10 ㉠ |

#### 01

생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응을 물질대사라고 한다.

- ㉠ : (가)는 저분자 물질이 고분자 물질로 합성되는 동화 작용이다.  
 ㉡ : (나)는 고분자 물질이 저분자 물질로 분해되는 이화 작용으로, 에너지가 방출된다.  
 ㉢ : 동화 작용과 이화 작용은 물질대사에 해당하며, 물질대사에는 효소가 관여한다.

#### 02

- ㉠ : ATP는 아데노신에 3개의 인산이 결합한 구조이다. 아데노신은 아데닌과 리보스가 결합한 것이다. ㉡은 리보스이다.  
 ㉡ : ATP는 3개의 인산이 결합한 구조이다. 인산과 인산 사이에 고에너지 인산 결합을 통해 에너지가 저장되며, ATP에는 2개의 고에너지 인산 결합이 있다. ㉢은 고에너지 인산 결합이다.  
 ㉢ : ATP에 저장된 에너지는 물질 합성, 발전, 발광 등 다양한 생명 활동에 사용된다.

#### 03

- ㉠ : ㉠은  $O_2$ 이고, ㉡은  $CO_2$ 이다.  
 ㉡ : 미토콘드리아(가)에서 세포 호흡이 일어난다.  
 ㉢ : 세포 호흡은 이화 작용의 예로, 물질대사에 해당한다.

#### 04

- ㉠는 반응 물질보다 생성 물질의 에너지 수준이 높아지는 반응으로, 저분자 물질인 반응 물질이 고분자 물질인 생성 물질로 합성되는 동화 작용이다. 이때 에너지가 흡수된다. ㉡는 반응 물질보다 생성 물질의 에너지 수준이 낮아지는 반응으로, 고분자 물질인 반응 물질이 저분자 물질인 생성 물질로 분해되는 이화 작용이다. 이때 에너지가 방출된다.  
 ㉢ : ㉠는 반응 물질보다 생성 물질의 에너지 수준이 높은 동화 작용이다.  
 ㉣ : ㉡는 에너지가 방출되는 반응이다.  
 ㉤ : ㉠가 일어날 때 반응 물질보다 생성 물질의 에너지가 많고, ㉡가 일어날 때 생성 물질보다 반응 물질의 에너지가 많다.

#### 05

연소, 산소 호흡, 무산소 호흡 중 물질대사가 아닌 것은 연소(C)이다. 산소 호흡과 무산소 호흡 중 산소를 소모하는 것은 산소 호흡(A)이고,

산소를 소모하지 않는 것은 무산소 호흡(B)이다.

#### 06

- ㉠ : (나)는 자동차의 휘발유 연소 과정으로, 물질대사가 아니다.  
 ㉡ : 세포 호흡과 연소에 모두 산소가 필요하다.  
 ㉢ : 에너지 효율은 (가)에서는 40 %이고, (나)에서는 20 %이다.

#### 07

- (가)는 포도당이 분해되어 에너지를 얻는 세포 호흡 과정이다.  
 ㉠ : (가) 과정은 세포 호흡이므로 이화 작용에 해당한다.  
 ㉡ : ATP는 인산과 인산 사이에 고에너지 인산 결합을 통해 에너지가 저장되어 있고, 이 결합이 끊어지면서 에너지가 방출된다.  
 ㉢ : 포도당이 분해될 때 방출되는 에너지의 일부는 ATP의 화학 에너지로 저장되고, 일부는 열에너지로 방출된다.

#### 08

- ㉠ : A는 동화 작용이다.  
 ㉡ : 미토콘드리아에서 세포 호흡이 일어난다.  
 ㉢ : 물질대사가 일어날 때는 에너지 출입이 따르므로 에너지 대사라고도 한다.

#### 09

- A와 B는 이화 작용이고, C는 동화 작용이다.  
 ㉠ : A 과정은 이화 작용으로, 물질대사이므로 효소가 관여한다.  
 ㉡ : B 과정은 세포 호흡으로, 산소가 소모된다.  
 ㉢ : C 과정은 동화 작용으로, 저분자 물질인 아미노산이 고분자 물질인 단백질로 합성될 때 에너지가 소모된다.

#### 10

- ㉠ : (가)는 동화 작용으로 생성물인 녹말이 반응물인 포도당보다 1분자당 저장된 에너지양이 많다.  
 ㉡ : (나)는 세포 호흡으로, 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고 다양한 생명 활동에 이용된다.  
 ㉢ : (가)와 (나)는 모두 물질대사에 해당하므로 효소가 관여한다.

#### 서답형 문제

본문 020쪽

- 01 해설 참조      02 해설 참조      03 ㉠: 세포 호흡, ㉡: 광합성, ㉢이 일어나는 세포 소기관: 미토콘드리아, ㉣이 일어나는 세포 소기관: 엽록체      04 리보스, 에너지가 방출된다.  
 05 해설 참조      06 해설 참조

#### 01

**모범답안** A: 동화 작용, B: 이화 작용, 저분자 물질인 아미노산이 고분자 물질인 단백질로 합성되므로 A는 동화 작용이다. 고분자 물질인 포도당이 저분자 물질인 물과 이산화 탄소로 분해되므로 B는 이화 작용이다.

채점 기준	배점
A와 B가 모두 맞고, 저분자 물질과 고분자 물질이란 용어를 사용하여 옳게 서술한 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

#### 02

**모범답안** A: 이화 작용, B: 동화 작용, 차이점: 이화 작용은 에너지가

방출되고, 동화 작용은 에너지가 흡수된다. 이화 작용은 반응 물질이 가지고 있는 에너지가 생성 물질이 가지고 있는 에너지보다 많고, 동화 작용은 생성 물질이 가지고 있는 에너지가 반응 물질이 가지고 있는 에너지보다 많다. 등, 공통점: 효소가 관여한다. 물질대사이다. 등

채점 기준	배점
A와 B가 모두 맞고, 차이점과 공통점이 모두 맞은 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

### 03

채점 기준	배점
㉠과 ㉡이 모두 맞고, ㉠과 ㉡이 일어나는 세포 소기관이 모두 맞은 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

### 04

ATP는 아데노신(아데닌 + 리보스)에 3개의 인산이 결합한 구조이다. 인산과 인산 사이에 고에너지 인산 결합이 끊어질 때 에너지가 방출된다.

채점 기준	배점
㉠의 이름이 맞고, 에너지가 방출된다고 쓴 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

### 05

**모범답안** (가)는 포도당을 이용한 세포 호흡 과정이고, (나)는 포도당의 연소 과정이다.

차이점: (가)는 물질대사이고, (나)는 연소이다. (가)에는 효소가 관여하고 (나)에는 효소가 관여하지 않는다. 등

채점 기준	배점
(가)와 (나)가 모두 맞고, 차이점을 옳게 쓴 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

### 06

**모범답안** 포도당이 가지고 있는 에너지는 동일하나 물질대사를 통해 나오는 에너지는 조금씩 방출되고, 연소를 통해 나오는 에너지는 한꺼번에 모두 방출되므로  $E_1$ 보다  $E_2$ 의 에너지가 더 많다.

채점 기준	배점
에너지의 크기 비교가 맞고, 에너지 방출에 차이가 있다는 점을 언급하여 서술한 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

## 04 소화 · 순환 · 호흡 · 배설과 기관계의 통합적 작용

### 핵심 개념 체크

본문 021~022쪽

- |                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| 1 기계적 소화          | 2 아미노산, 지방산, 모노글리세리드         |
| 3 모세 혈관, 암죽관, 심장  | 4 동맥혈                        |
| 5 온몸 순환(체순환)      | 6 ATP, 분압 차에 의한 확산           |
| 7 콩팥, 오줌관, 방광     | 8 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N) |
| 9 $H_2O$ , $CO_2$ | 10 네프론                       |
| 12 100 %          | 11 여과, 원보                    |
|                   | 13 소화계, 순환계                  |

### 출제 예상 문제

본문 023~025쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ㉢ | 02 ㉠ | 03 ㉤ | 04 ㉠ | 05 ㉢ |
| 06 ㉤ | 07 ㉣ | 08 ㉢ | 09 ㉡ | 10 ㉡ |
| 11 ㉠ | 12 ㉡ | 13 ㉤ |      |      |

### 01

㉠: 소화는 영양소를 흡수 가능한 상태로 잘게 부수는 과정이다.

✕: 기계적 소화는 물질의 크기만 작게 하여 소화액과 잘 섞이도록 하는 과정이다. 소화 효소가 작용하는 소화는 화학적 소화이다.

㉡: 화학적 소화는 소화 효소의 작용에 의해 고분자 물질이 저분자 물질로 분해된다. 이때 물질의 화학적 성질이 변한다.

### 02

㉢: (가)는 소화계이다. 소화계는 음식물 속의 영양소를 분해하고 흡수하는 역할을 하며 흡수되지 않은 물질은 체외로 배출한다.

㉡: (나)는 호흡계이다. 호흡계는 공기의 이동 통로인 기도와 기체 교환 장소인 폐로 구성된다.

㉢: (다)는 순환계이다. 순환계는 영양소와 산소를 온몸의 조직 세포에 운반하고, 조직 세포에서 생성된 이산화 탄소와 노폐물을 폐와 콩팥으로 운반한다.

㉣: (라)는 배설계이다. 요소는 배설계를 통해 체외로 배출된다.

㉤: (가)~(라)에서 모두 물질대사가 일어난다.

### 03

폐순환은 우심실에서 나온 혈액이 폐를 지나면서 산소를 공급받고 이산화 탄소를 내보내는 과정으로, 우심실 → 폐동맥 → 폐포의 모세 혈관 → 폐정맥 → 좌심방 과정을 거친다. 온몸 순환은 좌심실에서 나온 혈액이 온몸을 지나면서 조직 세포에 산소와 영양소를 공급하고, 노폐물과 이산화 탄소를 받아오는 과정으로, 좌심실 → 대동맥 → 온몸의 모세 혈관 → 대정맥 → 우심방 과정을 거친다.

㉠: A는 우심실이고, C는 좌심실이다.

㉡: B는 폐정맥이고, D는 대정맥이다. 폐정맥은 폐에서 산소를 받은 혈액이, 대정맥은 조직 세포에 산소를 주고 조직 세포에서 이산화 탄소를 받은 혈액이 흐르기 때문에 혈액의 단위 부피당 산소량은 폐정맥(B)에서가 대정맥(D)에서보다 많다.

㉢: (가)는 폐순환, (나)는 온몸 순환이다.

### 04

㉠은 폐포에서 폐포의 모세 혈관으로 이동하는  $O_2$ 이고, ㉡은 폐포의 모세 혈관에서 폐포로 이동하는  $CO_2$ 이다.

㉠: 혈액 속의 적혈구는  $O_2$ (㉠) 운반에 관여한다.

✕: ㉡은  $CO_2$ 이다.

✕: 폐포와 폐포의 모세 혈관 사이에서 기체 교환은 ATP가 소모되지 않고 기체의 분압 차에 의한 확산으로 일어난다.

### 05

(가)는 수용성 영양소의 이동 경로인 간문맥이고, (나)는 지용성 영양소의 이동 경로인 림프관이다.

㉠: (가)는 수용성 영양소가 흡수되는 소장 융털의 모세 혈관과 연결되어 있다.

㉡: 소장의 암죽관에서 흡수된 지용성 영양소는 림프관을 거쳐 심장으로 이동한다.

✕: ㉢는 소장으로, 소화계에 속한다.

## 06

- ㉠: A는 간이며, 암모니아를 요소로 전환하는 기관이다.  
 ㉡: B는 이자이며, 영양소의 소화를 담당하는 소화 효소를 만들어 분비하는 기관이다.  
 ㉢: C는 소장으로, 영양소가 분해되는 장소이면서 흡수 가능한 상태로 잘게 부서진 영양소가 흡수되는 장소이다.

## 07

- ㉠: 혈액의 단위 부피당 요소량은 ㉠에서가 ㉡에서보다 많고, ㉡에서는 포도당이 없기 때문에 ㉠은 콩팥 동맥이고, ㉡은 콩팥 정맥이다.  
 ㉢: 콩팥 동맥(㉠)에 있는 포도당은 콩팥에서 일부 여과되고, 100% 재흡수되므로 콩팥 정맥(㉡)에도 포도당이 있다.  
 ㉣: ㉢은 오줌관으로, 네프론에서 여과, 재흡수, 분비 과정을 거쳐 만들어진 오줌이 지나간다. 오줌관은 방광과 연결되어 있다.

## 08

- ㉠: X는 콩팥에서 분비되지 않고, 여과와 재흡수만 일어나기 때문에 X의 배설량은 '여과량-재흡수량'이다.  
 ㉢: 구간 I에서 X의 여과량과 재흡수량이 같기 때문에 X는 100% 재흡수된다.  
 ㉤: X의 혈중 농도가 400 mg/100 mL일 때 재흡수량보다 여과량이 많기 때문에 X는 오줌에서 검출된다.

## 09

- A는 오줌이 생성되는 동안 여과만 되는 물질의 이동 방식이다. B는 오줌이 생성되는 동안 여과된 후 일부는 재흡수되는 물질의 이동 방식이다. C는 오줌이 생성되는 동안 여과된 후 100% 재흡수되는 물질의 이동 방식이다.  
 ㉠: 오줌 생성 과정에서 포도당은 여과된 후 100% 재흡수되기 때문에 C 방식으로 이동한다.  
 ㉢: 오줌 생성 과정에서 물은 여과된 후 일부는 재흡수되기 때문에 B 방식으로 이동한다.  
 ㉤: 오줌 생성 과정에서 요소는 여과된 후 일부는 재흡수되고, 일부는 분비되는 방식으로 이동한다.

## 10

- A는 포도당이고, B는 아미노산이고, C는 지방산과 모노글리세리드이다. ㉠은 암죽관이고, ㉡은 모세 혈관이다.  
 ㉠: 포도당(A)과 아미노산(B)은 모두 수용성 영양소로, 소장 융털의 모세 혈관을 통해 흡수된다.  
 ㉤: C의 구성 원소에 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 있다.  
 ㉣: ㉡은 소장 융털의 모세 혈관이다.

## 11

- A는 폐동맥, B는 폐정맥, C는 간정맥, D는 간문맥, E는 콩팥 정맥, F는 콩팥 동맥이다.  
 ㉠: 혈액의 단위 부피당 산소량은 폐에서 산소를 받은 혈액이 지나가는 폐정맥(B)에서가 폐동맥(A)에서보다 많다.  
 ㉤: 식사 전과 후의 혈당량 변화는 간문맥(D)에서가 간정맥(C)에서보다 크다. 간에서 혈당량을 일정하게 조절하기 때문에 간정맥(C)에서는 혈당량 변화가 크지 않다.  
 ㉤: 혈액의 단위 부피당 요소량은 콩팥에서 노폐물이 걸러진 혈액이 흐르는 콩팥 정맥(E)에서가 노폐물이 많은 혈액이 흐르는 콩팥 동맥(F)

에서보다 적다.

## 12

- 동맥혈은 산소와 영양소가 많고, 이산화 탄소와 노폐물이 적은 혈액이다. 정맥혈은 산소와 영양소가 적고, 이산화 탄소와 노폐물이 많은 혈액이다. ㉠은 CO<sub>2</sub>이고, ㉡은 O<sub>2</sub>이다.  
 ㉠: A에는 정맥혈이, B에는 동맥혈이 흐른다.  
 ㉤: CO<sub>2</sub>(㉠)의 이동에 ATP가 사용되지 않고 기체의 분압 차에 의한 확산으로 일어난다.  
 ㉣: O<sub>2</sub>(㉡)의 분압은 폐포에서가 폐포의 모세 혈관에서보다 높다.

## 13

- (가)는 호흡계, (나)는 순환계, (다)는 소화계, (라)는 배설계이다.  
 ㉠: 호흡계((가))에서 흡수된 물질은 순환계((나))를 통해 조직 세포로 운반된다.  
 ㉢: 소화되지 않은 지꺼기는 소화계((다))를 통해 몸 밖으로 배출된다.  
 ㉣: 소화계((다))에서 생성된 질소성 노폐물인 요소는 배설계((라))를 통해 배설된다.

### 서답형 문제

본문 026쪽

- 01 A: 암모니아, B: 요소, C: 물, D: 이산화 탄소  
 02 해설 참조      03 해설 참조      04 해설 참조  
 05 해설 참조      06 해설 참조      07 해설 참조

## 01

아미노산 분해 과정에서 생성된 암모니아(A)는 독성이 강하기 때문에 간에서 독성이 약한 요소(B)로 전환된 후 오줌으로 배출된다. C는 물이고, 배설계와 호흡계를 통해 체외로 배출된다. 폐를 통해 배출되는 D는 이산화 탄소이다.

## 02

**모범답안** B, 폐에서 기체 교환을 통해 이산화 탄소는 제거되고, 산소를 받은 혈액이 지나가는 혈관이기 때문이다.

채점 기준	배점
혈관과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
혈관과 까닭 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

## 03

**모범답안** D, 콩팥에서 요소의 일부가 체외로 배설되기 때문이다.

채점 기준	배점
혈관과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
혈관과 까닭 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

## 04

**모범답안** (가): 입, 식도, 위, 소장, 대장 등 (나): 기도, 기관지, 폐 등 (다): 콩팥, 방광, 오줌관 등

채점 기준	배점
(가)~(다)가 모두 맞은 경우	100 %
(가)~(다) 중 2개만 맞은 경우	70 %

## 05

**모범답안** 포도당과 아미노산은 원뇨에는 있지만 오줌에는 없다. 즉, 여



과는 되지만 100 % 재흡수되기 때문에 오줌에서 검출되지 않는다.

채점 기준	배점
여과가 된 후 100 % 재흡수되었다는 내용으로 서술한 경우	100 %
위 내용 중 일부만 서술한 경우	50 %

## 06

**모범답안** 요소는 여과된 후 50 %만 재흡수되지만, 물은 99 % 재흡수되기 때문에 오줌 속의 요소는 농축된다.

채점 기준	배점
요소의 여과, 재흡수와 물의 재흡수를 모두 언급하여 서술한 경우	100 %
위 내용 중 일부만 서술한 경우	50 %

## 07

**모범답안** 단백질과 같은 고분자 물질은 여과와 분비가 되지 않기 때문이다.

채점 기준	배점
여과와 분비가 되지 않는다고 서술한 경우	100 %
위 내용 중 일부만 서술한 경우	50 %

# 05 물질대사와 질병

핵심 개념 체크			본문 027쪽
1 대사성 질환	2 당뇨병	3 대사 증후군	
4 탄수화물, 단백질, 지방		5 단당류, 아미노산	
6 기초 대사량	7 1일 대사량, 기초 대사량, 활동 대사량		
8 탄수화물			

출제 예상 문제					본문 028쪽
01 ⑤	02 ③	03 ④	04 ②	05 ③	

## 01

당뇨병(A)은 혈당량이 비정상적으로 높은 상태가 지속되는 질환이다. 고지혈증(B)은 혈액에 콜레스테롤이나 중성 지방이 많은 상태이다.

- ㉠ : 당뇨병은 인슐린 분비량이 적어 혈당량이 높아지면 발병할 수 있다.  
 ㉡ : 고지혈증 상태가 지속되면 동맥경화증이 발생할 수 있다.  
 ㉢ : 당뇨병과 고지혈증은 모두 대사성 질환에 해당한다.

## 02

㉠ : 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으면 남은 에너지를 저장하기 때문에 비만이 될 가능성이 높다.

㉡ : 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많으면 저장되어 있던 에너지를 소비하므로 체중이 감소한다.

㉢ : 대사성 질환은 에너지가 과도하게 축적될 때 발생할 확률이 높다. 따라서 (나) 상태보다 (가) 상태가 지속되면 대사성 질환에 걸릴 확률이 높아진다.

## 03

- ㉠ : 담배, 과음, 과식을 피한다.  
 ㉡ : 유산소, 근력 운동을 규칙적으로 한다.  
 ㉢ : 지나친 탄수화물, 지방 섭취를 피한다.  
 ㉣ : 채소, 과일, 견과류를 적당량 섭취한다.  
 ㉤ : 가공 식품, 탄산 음료는 되도록 먹지 않는다.

## 04

구성 원소 중 질소(N)가 있는 영양소는 단백질이다. 따라서 B는 단백질이고, ㉠과 ㉡는 모두 '×'이다. 1g당 4 kcal의 열량을 내는 영양소는 탄수화물과 단백질이므로 A는 탄수화물, C는 지방이다.

㉢ : A는 탄수화물이다.

㉣ : 단백질(B)은 항체와 호르몬의 주성분이다.

㉤ : ㉠과 ㉡는 모두 '×'이다.

## 05

㉠ : 1g당 발생하는 열량은 ㉠보다 ㉡이 높기 때문에 ㉠은 단백질, ㉡은 지방이다.

㉢ : 1일 대사량은 기초 대사량 + 활동 대사량으로 2,700 kcal이다.

㉣ : 탄수화물을 통해 섭취한 에너지량은  $450 \times 4 = 1,800$  kcal이고, 단백질을 통해 섭취한 에너지량은  $100 \times 4 = 400$  kcal이고, 지방을 통해 섭취한 에너지량은  $100 \times 9 = 900$  kcal이다. 모두 더하면 3,100 kcal이므로 1일 대사량인 2,700 kcal보다 많아 (나)만큼 지속적으로 섭취하게 되면 체중이 증가할 것이다.

### 서답형 문제

본문 029쪽

- 01 해설 참조      02 A : 탄수화물, B : 단백질, C : 지방  
 03 통풍      04 해설 참조      05 해설 참조  
 06 해설 참조

## 01

**모범답안** 혈액에 콜레스테롤이나 중성 지방이 많은 상태를 고지혈증이라 한다. 콜레스테롤이 혈관 벽에 쌓이게 되면서 혈관 벽이 점점 좁아져 혈액의 흐름이 약해지고 더욱 악화되면 혈관 벽이 막혀 혈액의 흐름이 거의 일어나지 않게 된다.

채점 기준	배점
고지혈증과 그림의 내용을 이용하여 서술한 경우	100 %
위 내용 중 일부만 맞게 서술한 경우	50 %

## 02

탄수화물(A)의 구성 단위는 단당류이다. 단백질(B)은 위에서 소화 효소인 펩신에 의해 소화된다. 지방(C)은 지용성 영양소이다.

## 03

통풍은 혈액 속에 요산 수치가 높아져 관절에 요산이 침착되어 통증을 유발한다.

## 04

**모범답안** 1일 대사량은 기초 대사량과 활동 대사량을 더한 값이므로 2,700 kcal이다. 단백질을 통해 섭취한 에너지량이 360 kcal이다. 단백질은 1g당 4 kcal의 열량을 내므로 섭취한 단백질의 양은 90 g이다.

채점 기준	배점
1일 대사량을 쓰고, 단백질 양을 옳게 계산한 경우	100 %
위 내용 중 절반만 맞은 경우	50 %

## 05

A는 탄수화물을 통해 섭취한 에너지량은  $150\text{ g} \times 4\text{ kcal} = 600\text{ kcal}$ 이고, 단백질을 통해 섭취한 에너지량은  $100\text{ g} \times 4\text{ kcal} = 400\text{ kcal}$ 이고, 지방을 통해 섭취한 에너지량은  $200\text{ g} \times 9\text{ kcal} = 1,800\text{ kcal}$ 이다. 따라서 A가 섭취한 에너지량은 2,800 kcal이다. B와 C도 같은 방법으로 섭취한 에너지량을 구하면 B는 2,650 kcal이고, C는 2,810 kcal이다.

**모범답안** C, A와 B는 하루 동안 섭취한 에너지량이 소비한 에너지량보다 같거나 적다. C는 하루 동안 섭취한 에너지량이 2,810 kcal이고, 소비한 에너지량은 2,400 kcal이다. 따라서 C는 에너지 과잉 상태이므로 대사성 질환에 걸릴 확률이 가장 높다.

채점 기준	배점
C를 고르고, 섭취한 에너지량과 소비한 에너지량을 비교하여 서술한 경우	100 %
C를 고르고, 서술한 내용 중 일부만 맞은 경우	50 %

## 06

**모범답안**  $t_1$ , 시상 하부의 온도가 낮아지면 체온을 올리기 위해 물질대사가 촉진된다. 따라서 시상 하부의 온도가 낮은  $t_1$ 에서  $t_2$ 에서보다 기초 대사량이 높다.

채점 기준	배점
시기와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
시기와 까닭 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

본문 030~033쪽

대단원 종합 문제 II. 사람의 물질대사				
01 ④	02 ③	03 ③	04 ⑤	05 ②
06 ①	07 ④	08 ③	09 ③	10 ①
11 ②	12 ②	13 ③	14 ⑤	
고난도 문제				
15 ③	16 ④	17 ③	18 ①	19 ⑤

## 01

구성 원소에 질소(N)가 있는 C는 단백질이다. A와 B는 각각 탄수화물과 지방 중 하나이다. ㉠과 ㉡에 모두 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 있다. ㉢에 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ ), 물( $\text{H}_2\text{O}$ ), 암모니아( $\text{NH}_3$ )가 있다.

✕ : 단백질은 C이고, A와 B는 각각 탄수화물과 지방 중 하나이다.

㉠ : 노폐물에 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )가 있기 때문에 ㉠과 ㉡에 모두 탄소(C)가 있다.

㉢ : 단백질의 구성 원소에 질소(N)가 있기 때문에 ㉢에 암모니아( $\text{NH}_3$ )가 있다.

## 02

(가)는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 배설계, (라)는 순환계이다.

㉠ : 암모니아를 요소로 전환하는 기관은 간이다. 간은 소화계(가)를 구성하는 기관이다.

㉡ : 호흡계(나)에서 흡수된 물질은 순환계(라)를 통해 조직 세포로 운반된다.

✕ : 대장은 소화계를 구성하는 기관이다. 배설계(다)를 구성하는 기관에는 콩팥, 방광 등이 있다.

## 03

(가)는 이화 작용이고, (나)는 동화 작용이다.

㉠ : 미토콘드리아에서 이화 작용에 해당하는 세포 호흡 과정이 일어난다.

✕ : (나)는 저분자 물질인 포도당이 고분자 물질인 녹말로 되는 동화 작용이다.

㉢ : 동화 작용과 이화 작용은 물질대사에 해당하며, 모두 효소가 관여한다.

## 04

㉠은 모세 혈관이고, ㉡은 압축관이다. A는 림프관이고, B는 간이다.

㉠ : 수용성 영양소는 소장 용털의 모세 혈관(㉠)을 통해 흡수된다.

㉡ : 지용성 영양소는 소장 용털의 압축관(㉡)을 통해 흡수되어 림프관(A)을 통해 심장으로 운반되어 온몸으로 이동된다.

㉢ : 수용성 영양소는 소장 용털의 모세 혈관에서 흡수되어 간(B)으로 이동된 후 혈관을 통해 심장으로 운반되어 온몸으로 이동된다. 간은 소화계에 속한다.

## 05

(가)는 폐동맥, (나)는 폐정맥, (다)는 콩팥 정맥, (라)는 콩팥 동맥이다.

✕ : 폐동맥(가)은 산소가 적고, 이산화 탄소가 많은 혈액인 정맥혈이 흐르고, 폐정맥(나)은 산소가 많고, 이산화 탄소가 적은 혈액인 동맥혈이 흐른다.

✕ : 콩팥에서 요소가 걸러져 배설되므로 혈액의 단위 부피당 요소량은 콩팥 동맥(라)에서가 콩팥 정맥(다)에서보다 많다.

㉢ : 모든 기관에서 물질대사가 일어난다.

## 06

㉠은 여과, ㉡은 재흡수, ㉢은 분비이다.

㉠ : 포도당과 아미노산 같은 저분자 물질은 사구체에서 보먼주머니로 여과(㉠)된다.

✕ : 원뇨에 있는 물은 99 % 재흡수(㉡)된다.

✕ : ㉢은 분비이다.

## 07

㉠ : 세포 호흡을 통해 포도당이 분해될 때  $\text{O}_2$ (㉠)이 필요하고, 노폐물로  $\text{H}_2\text{O}$ 과  $\text{CO}_2$ (㉡)가 생성된다.

㉡ : 아미노산 사이의 펩타이드 결합을 통해 단백질이 합성되므로, 단백질은 아미노산보다 고분자 물질이다.

✕ : 포도당에 저장된 에너지의 일부는 열에너지로 방출되고, 일부는 ATP의 화학 에너지로 저장된다.

## 08

A : 음식은 가능한 한 싱겁게 먹고, 담배를 피우지 않아야 대사성 질환을 예방할 수 있다.

B : 기름기가 많은 육류와 생선을 적당량 섭취해야 대사성 질환을 예방할 수 있다.

C : 충분한 수면과 휴식을 취하고 스트레스를 해소하는 활동을 해야 대사성 질환을 예방할 수 있다.

## 09

㉠: 원뇨에 있는 포도당은 100 % 재흡수되므로 오줌에는 존재하지 않는다. 따라서 '포도당이 있다.'는 ㉠에 해당한다.

㉡: 원뇨와 오줌에는 모두 물이 있기 때문에 '물이 있다.'는 ㉡에 해당한다.

㉢: 원뇨와 오줌에는 모두 요소가 있기 때문에 '요소가 있다.'는 ㉢에 해당한다.

## 10

㉠: 하루 동안 생활하는 데 필요한 에너지량을 1일 대사량이라 하며, 1일 대사량은 기초 대사량과 활동 대사량을 합한 값이다.

㉢: 밥 먹기, 책 읽기 등 다양한 생명 활동을 하면서 소모되는 에너지량을 활동 대사량이라 한다.

㉣: 체온 유지, 호흡, 심장 박동 등 생명 유지에 필요한 최소한의 에너지량을 기초 대사량이라 한다.

## 11

㉠ 통풍은 체내에 요산이 축적되면서 발병하는 질환이다.

㉡ 고지혈증은 혈액에 콜레스테롤이나 중성 지방이 많은 상태이다.

㉢ 고혈압은 혈압이 정상 범위보다 높은 만성 질환이다.

## 12

㉠은 혈장과 원뇨에 있고, 오줌에 없는 것으로 보아 100 % 재흡수되는 물질인 포도당이다. ㉡은 혈장에만 있고, 원뇨와 오줌에는 없으므로 여과와 분비가 되지 않는 고분자 물질인 단백질이다. ㉢은 여과된 후 필요한 양만큼 재흡수가 되는 물질인 물이다. A 방식은 여과된 후 100 % 재흡수되는 이동 방식을, B 방식은 여과된 후 일부가 재흡수되는 이동 방식을 나타낸 것이다.

㉢: ㉠은 포도당이다.

㉣: ㉡은 단백질이고 A와 B 방식으로 이동하지 않는다.

㉤: ㉢은 물이고, B 방식으로 이동한다.

## 13

A는 호흡계, B는 소화계, C는 배설계이다.

㉠: A는 호흡계이다.

㉡: B는 소화계이며 영양소가 잘게 부수어지는 이화 작용이 일어난다.

㉢: 소장은 소화계(B)에 속한다.

## 14

㉠은 폐포의 모세 혈관에서 폐포로, ㉡은 폐포에서 폐포의 모세 혈관으로 이동하기 때문에 ㉠은  $\text{CO}_2$ 이고, ㉡은  $\text{O}_2$ 이다.

㉢: A와 B의  $\text{O}_2$ (㉡)의 농도를 비교하면 B에서 A에서보다 높기 때문에 혈액은 A에서 B 방향으로 흐른다.

㉣: ㉠은  $\text{CO}_2$ 이고, ㉡은  $\text{O}_2$ 이다.

㉤: 폐포와 폐포의 모세 혈관 사이에서  $\text{CO}_2$ (㉠)과  $\text{O}_2$ (㉡)는 ATP를 사용하지 않고 분압 차에 의한 확산을 통해 이동한다.

## 15

㉠: A의 하루 평균 섭취한 에너지량은 4,400 kcal이고, B의 하루 평균 섭취한 에너지량은 2,030 kcal이고, C의 하루 평균 섭취한 에너지량은 2,220 kcal이다. A~C의 하루 평균 소비한 에너지량은 각각 2,500 kcal이므로 비만이 될 가능성이 가장 높은 학생은 A이다.

㉢: A가 하루 평균 섭취한 단백질의 양은 250 g이고, 지방의 양은 200 g이다. 따라서 A는 하루 평균 섭취한 단백질의 양이 지방의 양보다 더 많다.

㉤: B의 하루 평균 섭취한 탄수화물의 양은 100 g이고, C의 하루 평균 섭취한 지방의 양은 100 g으로 서로 같다.

## 16

3대 영양소의 공통적인 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 있다. 그래서 3대 영양소에서 생성되는 공통적인 노폐물에는 물( $\text{H}_2\text{O}$ ), 이산화 탄소( $\text{CO}_2$ )가 있다. 따라서 ㉠과 ㉡은 각각 물과 이산화 탄소 중 하나이다. 단백질의 구성 원소에 질소(N)가 있기 때문에 생성되는 노폐물에는 암모니아( $\text{NH}_3$ )가 있다. 따라서 ㉢은 암모니아이다. (가)는 소화계, (나)는 배설계, (다)는 호흡계이다.

㉢: A는 탄수화물과 지방 중 하나이고, 아미노산으로 분해되지 않는다.

㉣: 암모니아(㉢)는 간에서 요소로 전환된 후 배설계(나)를 통해 배설된다.

㉤: 호흡계(다)를 통해 물과 이산화 탄소가 체외로 배출된다.

## 17

'물질대사이다.'와 'ATP가 생성된다.'의 특성은 포도당을 이용한 세포 호흡에만 해당한다. '열에너지가 방출된다.'의 특성은 3가지 모든 반응에 해당한다. 따라서 ㉠은 '열에너지가 방출된다.'로 확정되고, A는 포도당을 이용한 세포 호흡으로 확정된다.

㉢: A는 ㉠~㉢의 특성을 모두 갖는 포도당을 이용한 세포 호흡이다.

㉣: ㉡은 3가지 반응에서 모두 갖는 특성이므로 '열에너지가 방출된다.'이다.

㉤: ㉢은 'x'이다.

## 18

물질 A는 혈장, 원뇨, 오줌에 존재하기 때문에 여과가 일어났고, 100 % 재흡수되지 않은 물질이다. 또한 이 물질은 오줌에서 농축된 상태이기 때문에 요소가 해당한다. 물질 B는 원뇨에는 존재하고, 오줌에는 존재하지 않기 때문에 여과된 후 100 % 재흡수된 물질이다. 이 물질은 포도당이나 아미노산이 해당한다. 물질 C는 원뇨와 오줌에 존재하지 않기 때문에 여과와 분비가 일어나지 않는 물질이다. 이 물질은 고분자 물질인 단백질이나 지방이 해당한다.

㉢: 물질 A는 콩팥에서 여과된 후 일부가 오줌으로 배설됐기 때문에 혈액의 단위 부피당 A의 양은 콩팥 정맥에서가 콩팥 동맥에서보다 적다.

㉣: 물질 B는 여과된 후 100 % 재흡수되는 물질이다.

㉤: 물질 C는 여과되지 않았기 때문에 재흡수되지 않는다.

## 19

(가)는 라이페이스에 의해 지방이 지방산과 모노글리세리드로 분해되는 소화 과정을 나타낸 것이다. (나)는 단백질에서 생성되는 노폐물인 암모니아 독성이 적은 상태로 요소로 전환되는 과정을 나타낸 것이다. (다)는 핵산의 기본 단위인 뉴클레오타이드가 DNA로 합성되는 과정을 나타낸 것이다.

㉢: (가) 과정은 소화 효소가 작용했기 때문에 화학적 소화이다.

㉣: 암모니아를 요소로 전환하는 과정은 간에서 일어난다.

㉤: 저분자 물질인 뉴클레오타이드가 고분자 물질인 DNA로 합성되는 것은 동화 작용에 해당한다.



### Ⅲ. 항상성과 몸의 조절

## 06 흥분 전도와 전달

#### 핵심 개념 체크

본문 034~035쪽

- |                     |               |                       |
|---------------------|---------------|-----------------------|
| 1 신경 세포체            | 2 말이집         | 3 감각, 연합, 운동          |
| 4 (1) × (2) ○ (3) ○ | 5 (1) × (2) ○ | 6 재분극, $K^+$ , $Na^+$ |
| 7 전도                | 8 진정제, 각성제    | 9 시냅스                 |

#### 출제 예상 문제

본문 036~038쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ③ | 03 ① | 04 ③ | 05 ⑤ |
| 06 ① | 07 ⑤ | 08 ④ | 09 ② | 10 ④ |
| 11 ④ | 12 ① | 13 ④ |      |      |

### 01

뉴런의 모양으로 볼 때, 뉴런 (가)는 운동 뉴런(원심성 뉴런), (나)는 연합 뉴런, (다)는 감각 뉴런(구심성 뉴런)에 해당한다.

㉠: (가)는 연합 뉴런의 명령을 반응기에 전달하는 원심성 뉴런이다.

✕: (나)는 말이집이 없다. 따라서 흥분이 전도될 때 도약전도가 일어나지 않는다. 반면 (가)와 (다)는 말이집이 있으므로 도약전도가 일어난다.

✕: 흥분은 (다) → (나) → (가)의 방향으로 전도된다. 따라서 (가)의 한 지점인 A에 자극이 주어지면 (다)의 B에서 활동 전위가 발생하지 않는다.

### 02

✕: 그림은 휴지 전위 상태일 때의 이온 분포를 나타낸 것이다. 즉,  $Na^+$ 의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $K^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다. 따라서  $\frac{Na^+ \text{ 농도}}{K^+ \text{ 농도}}$ 는 세포 안보다 세포 밖에서 크다.

✕: ㉠을 통해 이온이 이동할 때는 확산에 의해 이동하므로 ATP가 소비되지 않는다.

㉡: ㉠은  $Na^+$  통로이다. 탈분극 시  $K^+$  통로는 닫혀 있고,  $Na^+$  통로를 통해  $Na^+$ 의 이동이 다량 일어난다.

### 03

A:  $Na^+$ 과  $K^+$ 은 세포막을 경계로 불균등하게 분포하고 있어 분극의 원인이 된다.

B: ATP를 소모하는  $Na^+-K^+$  펌프에 의한 이온의 이동이 일어난다.

✕:  $Na^+$ 은 세포 밖이 세포 안보다 더 많으므로 유출되지 않는다.

### 04

(가)에서는 활동 전위가 발생한 지점의 막전위 변화를 나타내고 있다.  $t_1$ 은 탈분극,  $t_2$ 는 재분극에 해당한다. (나)는  $t_1$ 일 때 X에서  $Na^+$  통로를 통한  $Na^+$ 의 이동을 나타낸 것이므로 ㉠은 세포 외부, ㉡은 세포 내부에 해당한다.

㉠: I에서는 재분극이 일어난 이후 분극 상태로 휴지 전위가 유지되고

있다. 따라서  $Na^+-K^+$  펌프에 의해 ATP의 소모를 통한  $Na^+$ 의 이동이 일어난다.

㉡:  $t_1$ 일 때는 탈분극이 일어나고 있으므로,  $Na^+$ 이 다량 이동하고 있다. 따라서 이온에 대한 막 투과도는  $Na^+$ 이  $K^+$ 보다 높다.

✕:  $t_2$ 일 때는 재분극이 일어나고 있으므로  $K^+$ 은 세포 내부인 ㉡에서 세포 외부인 ㉠으로 이동한다.

### 05

㉠: X는 말이집을 가지고 있어 도약전도가 일어난다.

㉡: 그림 (나)에서 ㉠ 과정은 탈분극이 진행되는 과정으로  $Na^+$ 에 대한 막 투과도가 높아져  $Na^+$ 이 세포 외부에서 내부로 이동한다.

㉢: ㉡ 과정은 재분극이 진행되는 과정이다. 이를 통해 막전위는 하강하여 분극 상태로 돌아오게 된다.

### 06

그림에서 구간 I은 탈분극, 구간 II는 재분극, 구간 III은 분극 상태에 해당한다. 세포막에 있는 이온의 통로가 열리거나 닫히면 이온의 막 투과도가 달라진다. 탈분극에서 막 투과도가 증가하는 A는  $Na^+$ , 재분극에서 막 투과도가 증가하는 B는  $K^+$ 에 해당한다.

㉠: 구간 I에서  $Na^+$ 의 이동은 탈분극을 일으켜 막전위를 높인다.

✕: 구간 II에서 B는 세포 안에서 세포 밖으로 확산되어 이동한다.

✕: 구간 III에서 ATP가 소모되면서 A와 B는 세포막을 경계로 서로 반대 방향으로 이동한다. 즉,  $Na^+$ 은 세포 안에서 밖으로,  $K^+$ 은 세포 밖에서 안으로 이동한다.

### 07

약물은 진정제, 각성제, 환각제로 나눌 수 있으며, 신경에 영향을 미치는 약물은 중독성이 있으므로 주의해야 한다.

㉠: 진정제는 신경 흥분을 억제하는 약물로 긴장을 완화하고 수면을 유도하는 데 사용되는 약물이다.

㉡: 카페인 시냅스에서 흥분 전달을 억제하는 약물로, 카페인이 많은 음료를 마시면 심장 두근거림, 불면증 등의 증세가 나타날 수 있다.

㉢: 니코틴과 알코올 같이 시냅스에 작용하는 약물은 중독성이 있어 신경계에 이상을 가져올 수 있다.

### 08

㉠: 조건에서  $N_4$ 는  $d_4$ 이며,  $N_4$ 일 때 막전위는  $-80 \text{ mV}$ 이므로 휴지 전위보다 낮다. 따라서 재분극에서 분극 상태로 전환되는 때이다. 따라서 흥분의 전도는 Y에서 X로 진행되고 있다.

✕:  $K^+$  농도는 항상 축삭 돌기 안에서가 밖에서보다 높다.

㉡:  $N_2$ 에서 막전위는  $+30 \text{ mV}$ 이다. 이때  $Na^+$ 의 막 투과도는  $N_1 \sim N_4$  중 가장 높다.

### 09

그림에서 약물 A는 흥분의 지속적인 전달을 일으키고 있으므로 시냅스 전달 촉진 약물, 약물 B는 신경 전달 물질이 수용체에 결합하는 것을 방해하므로 시냅스 전달 억제 약물이다.

✕: 약물 A는 시냅스 전달 촉진 약물이다.

✕: 약물 B는 시냅스 전달 억제 약물로 과도한 흥분을 막는 진정제로 사용될 수 있다.

㉢: 약물 A와 B는 모두 시냅스 이후 뉴런의 수용체에 결합하여 신경계의 기능에 영향을 준다.

# 10

시냅스 이전 뉴런에서 분비되는 물질 ㉠은 신경 전달 물질이고, 이온 통로를 통해 내부로 들어가는 이온 ㉡은  $\text{Na}^+$ 이다.

㉠: ㉠은 시냅스 이전 뉴런 말단에서 분비되는 신경 전달 물질이다.

✕: 흥분은 시냅스 이전 뉴런인 (나)에서 시냅스 이후 뉴런인 (가)로만 전달된다.

㉡: 이온 ㉡은  $\text{Na}^+$ 이며,  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 이동하면서 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다.

# 11

(가)는 자극에 따른 막전위의 변화를 나타낸 것이다. (나)에서는 물질 X를 뉴런에 처리하면 활동 전위가 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 물질 X는 이온 통로를 통한  $\text{Na}^+$ 의 이동을 억제하는 물질이다.

㉠: (가)에서 구간 a는 탈분극이 진행되는 시기이다. 이 시기에는  $\text{K}^+$ 의 막 투과도보다  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도가 더 빨리 증가한다. 따라서

$\frac{\text{Na}^+\text{의 막 투과도}}{\text{K}^+\text{의 막 투과도}}$ 는 구간 a에서 증가한다.

✕: 물질 X가 처리되면 활동 전위가 발생하지 못한다. 따라서 X는 흥분의 전도를 촉진하지 않는다.

㉡: (가)에서 구간 b일 때 확산을 통한  $\text{K}^+$ 의 유출이 일어난다. 이때  $\text{K}^+$ 의 농도는 여전히 세포 안이 세포 밖보다 높다.

# 12

그림을 보면 신경 세포체가 모두 왼쪽에 있다. 또한 말미집을 가지고 있다.

㉠은 축삭이 시작되는 부분, ㉡은 축삭 돌기 말단, (가)는 시냅스, ㉢은 축삭이 시작되는 부분, ㉣은 축삭 돌기 말단이다. 표의 조건에서 I의 경우 역치 이상의 자극을 주고 약물 처리가 없으므로 활동 전위가 발생할 것이다. II의 경우 시냅스 부분에 시냅스 전달 억제 약물을 처리했으므로 시냅스 이후 뉴런에서 흥분이 전달되지 않을 것이다.

㉠: 조건 I에서는 역치 이상의 자극에 의해 활동 전위가 ㉠에서 발생하여 축삭을 따라 전도되고 ㉡과 ㉣에서 신경 전달 물질이 분비된다.

✕: 약물 A는 시냅스 이후 뉴런에만 영향을 주므로 ㉡에서 신경 전달 물질이 분비된다.

✕: II는 10회의 자극에 대해 시냅스 전달 억제 약물 A가 작용하여 ㉣에서 활동 전위가 발생하지 않거나 적게 발생한다.

# 13

그림 (가)에서 흥분 전도 속도가  $3 \text{ cm/ms}$ 이므로 자극 지점에서 각 지점까지 이동하는 시간은  $1 \text{ ms}$ 씩 더 걸린다. 따라서 각 지점에 흥분이 도달하는 시간은 경과 시간에서  $P_1$ 의 경우  $1 \text{ ms}$ ,  $P_2$ 의 경우  $2 \text{ ms}$ ,  $P_3$ 의 경우  $3 \text{ ms}$ 를 빼야 한다. 그림 (나)에서 한 지점에서의 시간에 따른 막전위를 보면  $1 \text{ ms}$  경과 시 탈분극 시작,  $2 \text{ ms}$  경과 시 재분극 초반,  $3 \text{ ms}$ 에서 막전위  $-80 \text{ mV}$ ,  $4 \text{ ms}$ 에서 다시 분극 상태가 된다.

㉠:  $t$ 가 4일 때  $P_1$ 에서 경과된 시간은  $3 \text{ cm}$  이동하는 데 필요한 시간인  $1 \text{ ms}$ 를 뺀  $3 \text{ ms}$ 이다. 이때의 막전위는 (나)에서  $-80 \text{ mV}$ 이다.

✕:  $t$ 가 5일 때  $P_2$ 에서 경과된 시간은  $6 \text{ cm}$  이동에 필요한 시간인  $2 \text{ ms}$ 를 뺀  $3 \text{ ms}$ 이다. (나)에서  $3 \text{ ms}$ 일 때는 재분극 상태이다.

㉡:  $t$ 가 6일 때  $P_3$ 에서는 이동에  $3 \text{ ms}$ 가 경과된 상태이다. 이때 막전위는  $3 \text{ ms}$ 에 해당하는  $-80 \text{ mV}$ 이고  $P_2$ 에서는  $4 \text{ ms}$ 에 해당하는  $-70 \text{ mV}$ 이다. 따라서  $t$ 가 6일 때 막전위는  $P_3$ 에서보다  $P_2$ 에서 높다.

## 서답형 문제

본문 039쪽

01 ㉠, ㉡, ㉢

02 B

03 해설 참조

04 해설 참조

05 해설 참조

06 ㉠:  $\text{Na}^+$ , ㉡:  $\text{K}^+$

## 01

자극이 B의 축삭 돌기에 주어졌다. 흥분은 축삭 돌기를 따라 양방향으로 이동하지만 B에서 A로는 흥분이 전달되지 못하고 C로는 흥분이 전달될 수 있다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢에 활동 전위가 발생한다.

## 02

(나)에서  $\text{K}^+$ 은 이동하지 못하지만  $\text{Na}^+$ 은 뉴런 밖에서 안으로 이동하고 있다. 이러한 이온의 이동은 탈분극인 B 구간에서 관찰될 수 있다.

## 03

(1) **모범답안** 그림에서 P에 자극을 주었으므로 자극은  $Q_1$ 에서  $Q_3$ 으로 이동한다. 이를 설명할 수 있는 지점 I ~ III을 정리하면 다음과 같다.

신경	$t_1$ 일 때 측정된 막전위(mV)		
	II	III	I
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$
A	-56	+30	-60
B	-80	-46	+4

따라서 I은  $Q_3$ , II는  $Q_1$ , III은  $Q_2$ 에 해당한다.

채점 기준	배점
세 지점을 모두 옳게 연결한 경우	100 %
세 지점 중 한 가지만 옳게 연결한 경우	30 %

(2) **모범답안** 신경 B에서의 흥분의 이동 속도가 신경 A에서보다 빠르다. 따라서  $Q_2$ 를 보면 신경 A는 막전위가  $+30 \text{ mV}$ 로 활동 전위 시 막전위 최댓값에 해당하고 신경 B는 재분극 상태에 해당한다.

채점 기준	배점
막전위를 바르게 비교하여 서술한 경우	100 %
막전위에 대한 비교 서술이 미흡한 경우	50 %

## 04

**모범답안** P로부터의 거리를 비교할 때, 일정하게 거리가 멀어짐에 따라 I에서가 II에서보다 시간이 더 많이 소요된다. 축삭의 두께가 같을 때 말미집으로 싸여 있는 부분은 싸여 있지 않은 부분보다 흥분의 이동 속도가 빠르다. 따라서 I은 말미집으로 싸여 있지 않은 부분, II는 말미집으로 싸여 있는 부분이다.

채점 기준	배점
흥분 전도 속도를 비교하여 I과 II를 옳게 추론한 경우	100 %
I과 II를 옳게 추론했지만 흥분 전도 속도에 대한 설명이 부족한 경우	50 %
흥분 전도 속도 비교는 옳게 했지만 I과 II를 바꾸어 설명한 경우	30 %

## 05

**모범답안** 자극을 P에 준 경우 A에서는 시냅스 이후 뉴런에 자극을 주었으므로 시냅스를 지나 Q로 이동하지 못한다. 따라서 A는 막전위의 변화가 없는 III에 해당한다. B와 C는 축삭의 지름이 같은데 C는 말미집이 있으므로 도약전도가 일어나 B보다 흥분의 전도 속도가 빠르다. 따라서 B는 II, C는 I이다.

채점 기준	배점
A, B, C의 특징을 설명하고 Ⅰ~Ⅲ을 바르게 연결한 경우	100 %
A, B, C의 특징에 대한 설명과 Ⅰ~Ⅲ 연결이 한 가지만 바른 경우	30 %

## 06

활동 전위 발생 시 막 투과도가 먼저 증가하는 ㉠이  $\text{Na}^+$ 이며, 이어서 증가하는 ㉡이  $\text{K}^+$ 이다.

## 07 신경계의 구조와 기능

### 핵심 개념 체크

본문 040~041쪽

- 1 중추, 말초  
2 감각령, 연합령, 운동령, 두정엽, 측두엽, 회색질  
3 (1) 소뇌 (2) 간뇌 (3) 중간뇌 (4) 뇌교 (5) 연수 (6) 연합령  
4 (1) ○ (2) ×      5 감각, 운동  
6 아세틸콜린, 노르에피네프린      7 아세틸콜린, 아세틸콜린

### 출제 예상 문제

본문 042~044쪽

- 01 ③      02 ①      03 ⑤      04 ④      05 ③  
06 ④      07 ②      08 ①      09 ④      10 ⑤  
11 ①      12 ②      13 ④

## 01

그림에서 ㉠은 말초 신경계, ㉡은 중추 신경계에 해당한다.

㉠ : 부교감 신경은 말초 신경계인 ㉠에 속한다. 말초 신경계에는 구심성 정보 전달 경로를 담당하는 감각 신경과 원심성 정보 전달 경로인 체성 신경계와 자율 신경계가 있다. 부교감 신경은 자율 신경계에 속한다.

✕ : ㉠은 중추 신경계의 명령에 따라 반응기에 명령을 전달한다.

㉡ : 안구 운동과 호흡 운동의 중추는 중간뇌로서 중추 신경계인 ㉡에 속한다.

## 02

사람 대뇌는 좌반구와 우반구가 있으며, 각각 몸의 반대편을 담당한다. 좌반구의 운동령은 몸의 오른쪽의 운동을, 우반구의 감각령은 몸의 왼쪽에서 전달되는 감각을 담당한다. 운동령은 운동 신경에 명령을 내려 근육을 움직이고, 감각령은 감각 신경에서 오는 감각 정보를 받아 연합령으로 전달한다.

㉠ : 입술의 운동을 담당하는 A에 역치 이상의 자극을 주면 입술이 움직이게 된다.

✕ : B 부위는 오른손 손가락의 운동을 담당하는 부분으로, 이 부분이 손상되면 오른손의 손가락을 움직이지 못한다.

✕ : C 부위가 손상되면 무릎에서 전달되는 감각 정보를 받아들이지 못한다. 하지만 무릎 반사는 대뇌와 관계없이 척수에서 일어나는 반사이므로 C 부위의 손상과 관계없이 일어난다.

## 03

주어진 표를 연수, 중간뇌, 척수의 특징에 따라 정리하면 다음과 같다.

특징	㉠	㉡	㉢
구조	뇌줄기를 구성한다.	교감 신경이 나온다.	심장 박동을 조절한다.
A 간뇌	×	×	×
B 중간뇌	○	×	×
C 연수	○	×	○
D 척수	×	○	×

(○: 있음, ×: 없음)

㉠ : ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.', ㉡은 '교감 신경이 나온다.', ㉢은 '심장 박동을 조절한다.'이다. 뇌줄기에는 중간뇌, 뇌교, 연수가 속한다.

㉡ : A는 간뇌이다. 간뇌는 몸의 항상성 조절에 관여하며, 시상과 시상하부 등으로 구성된다.

㉢ : D는 척수이며, 척수의 겉질은 축삭 돌기가 모여 있는 백색질이고, 척수의 속질은 신경 세포체가 모여 있는 회색질이다.

## 04

그림은 중추 신경계와 이에 연결된 말초 신경계를 나타낸 것이다. 신경 A는 감각 뉴런, 신경 B는 자율 신경계에 속한 교감 또는 부교감 신경, 신경 C는 체성 신경계인 운동 뉴런에 해당한다.

✕ : A는 감각 수용기에서 받아들인 정보를 중추 신경계로 전달하는 감각 뉴런으로서 구심성 뉴런에 해당한다.

㉡ : B에 속한 신경들은 교감 신경과 부교감 신경이 있고, 이들은 2개의 뉴런이 연결된 구조로 신경절을 가진다.

㉢ : C는 운동 뉴런으로, 말초 신경계에서 원심성 뉴런인 체성 신경계를 구성한다.

## 05

(가)는 대뇌 겉질을 위치와 기능에 따라 구분한 것이며, (나)는 단어를 읽을 때와 어떤 사물을 볼 때 활성화되는 부위를 나타낸 것이다. 뇌의 특정 부위가 활성화되면 해당 부위의 포도당과 산소 소모가 증가하여 간접적으로 활성화 여부를 측정할 수 있다.

㉠ : 후두엽이 손상되면 시각 부분이 손상되므로 사물을 보기가 어렵다.

㉡ : 단어를 읽는 ㉠ 조건과 사물을 보는 ㉡ 조건에서 모두 시각 영역이 활성화된다.

✕ : 단어를 들을 때는 청각 영역이 속한 측두엽이 활성화될 것이다.

## 06

그림에서 신경이 뻗어 나온 위치와 신경절의 위치를 고려할 때, A는 부교감 신경, B는 교감 신경이다. C는 골격근에 연결되어 있으므로 체성 운동 신경이다.

㉠ : A~C는 모두 중추 신경계의 명령을 반응기에 전달하는 원심성 뉴런에 속한다.

✕ : C는 체성 운동 신경으로, 슈반 세포가 축삭을 감고 있어 도약전도가 일어나는 말집 신경의 하나이다.

㉡ : 자율 신경의 신경절에서는 같은 신경 전달 물질인 아세틸콜린이 분비된다. 교감 신경의 신경절 이후 뉴런 말단에서만 노르에피네프린이 분비된다.

## 07

자율 신경 A를 자극하면 자극 전보다 심장 박동 빈도가 감소한다. 반면 자율 신경 B를 자극하면 자극 전보다 심장 박동 빈도가 증가한다. 따라서 A는 부교감 신경, B는 교감 신경이다.

✕ : A는 부교감 신경으로 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다.

㉡ : 부교감 신경인 A의 신경절 이후 뉴런 말단에서는 아세틸콜린이 분



비된다. 교감 신경인 B의 신경절 이후 뉴런 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

✖ : B의 신경절에 노르에피네프린을 주입하면 신경절 이후 뉴런의 가지 돌기에 노르에피네프린에 대한 수용체가 없어 심장 박동이 빨라지지 않는다.

## 08

그림 (가)는 피부에서 정보가 전달되어 척수로 가고, 척수에서 골격근에 이르는 경로를, (나)는 소장에서 시작되어 척수로 가고, 척수에서 나와 소장으로 돌아오는 경로이다. A는 체성 운동 신경이고, B는 신경절의 위치와 척수에서 나온 것을 고려할 때 교감 신경의 일부이다.

㉠ : A와 B는 모두 척수 신경으로 말초 신경계에 속한다.

✖ : A는 체성 운동 신경으로 대뇌 운동령의 직접적인 명령을 받는다. 하지만 B는 대뇌의 직접적인 명령을 받지 않는다.

✖ : 교감 신경을 구성하는 B가 활성화되면 소화관 운동은 억제된다.

## 09

심장 박동을 조절하는 신경은 자율 신경이며, 신경절의 위치를 고려할 때, A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다. 표에서 심장 박출량은 ㉠에서보다 ㉡에서 많다. 따라서 ㉠은 교감 신경이 더 많이 작용하는 운동 시에, ㉡은 부교감 신경이 더 많이 작용하는 평상시에 해당한다.

㉠ : A와 B는 교감 신경과 부교감 신경으로 서로 길항 작용으로 항상성을 조절한다. 길항 작용을 통해 심장 박출량에 관여한다.

✖ : A는 교감 신경이다. 교감 신경은 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체가 척수에 있다.

㉡ : A와 B는 길항 작용을 하므로 B가 활성화되면 A는 활성화가 낮아진다. 따라서 단위 시간당 A의 신경절 이후 뉴런의 활동 전위 발생 횟수는 교감 신경이 활성화된 ㉠이 부교감 신경이 활성화된 ㉡보다 많다.

## 10

그림은 손으로 뜨거운 물체를 만졌을 때 일어나는 반사 경로와 대뇌로 전달되는 경로를 나타낸 것이다.

㉠ : B는 A를 통해 들어온 감각 정보를 대뇌 체감각 겉질로 전달하는 역할을 한다.

㉡ : 무의식중에 손을 떼는 반사 행동을 일으키기 위해 A를 통해 들어온 감각 정보는 D를 통해 E로 전달된다.

㉢ : 손을 식히기 위해 찬물에 담그는 의식적인 행동을 할 때, E는 대뇌의 한 부분인 대뇌 겉질에서 오는 명령을 받는다.

## 11

A는 골격근에 연결된 체성 운동 신경, B는 교감 신경의 신경절 이후 뉴런, C와 D는 부교감 신경이다. 교감 신경이 활성화되면 심장 박동이 빨라지고, 부교감 신경이 활성화되면 방광은 수축된다.

㉠ : 체성 운동 신경인 A와 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런인 D는 모두 말단에서 아세틸콜린을 분비한다.

✖ : B의 흥분 발생 빈도가 증가하면 노르에피네프린의 증가로 인해 심장 박동은 빨라진다.

✖ : C는 부교감 신경으로 자율 신경계에 속한다.

## 12

(가)에서 A와 B는 부교감 신경, C와 D는 교감 신경이다. (나)에서 pH가 감소하는 것으로 보아 위의 소화 활동이 활성화되었다.

✖ : (나)에서 소화액의 분비량이 증가한 것으로 보아 자극을 가한 뉴런

은 부교감 신경인 A이다.

㉡ : (가)에서 A와 B의 조절 중추는 소화를 조절하는 중추인 연수이다.

✖ : B의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이, D의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

## 13

㉠은 척수에서 뻗어 나온 것으로 보아 교감 신경의 신경절 이후 뉴런, ㉡은 중추 ㉠에서 바로 나온 것으로 보아 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다. 중추 ㉠은 동공 반사에 관여하는 중간뇌이다.

✖ : ㉠의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

㉢ : ㉡가 흥분하면 동공이 수축되어 눈으로 들어가는 빛의 양이 감소한다.

㉣ : 중추 ㉠은 안구 운동과 홍채 운동을 조절하는 중간뇌이다.

### 서답형 문제

본문 045쪽

01 중간뇌, 뇌교, 연수

02 해설 참조

03 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

04 해설 참조

05 ㉠: 억제, ㉡: 촉진

06 해설 참조

## 01

중추 신경계 중 뇌줄기에 해당하는 부분은 중간뇌, 뇌교, 연수이다.

## 02

**모범답안** 연수는 호흡 운동을 조절한다. 따라서 중추 X는 연수이다. ㉠은 횡격막에 연결된 신경인데, 횡격막은 골격근이라고 하였으므로 ㉠은 체성 운동 신경이다. 따라서 ㉠의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

채점 기준	배점
중추 X와 신경 전달 물질을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
중추 X와 신경 전달 물질만 옳게 적고 추론 과정이 미흡한 경우	50 %
중추 X와 신경 전달 물질 중 하나만 옳게 쓴 경우	30 %

## 03

(1) **모범답안** 오른쪽 피부 감각기 중 촉각 자극은 손상된 부위를 지나지만 통각 자극은 손상된 부위를 지나지 않는다. 따라서 무의식중에 오른손을 가시에 찔린 경우 촉각의 느낌은 없지만 아픈 통각만 대뇌로 전달될 것이다.

채점 기준	배점
촉각과 통각에 대해 모두 옳게 서술한 경우	100 %
촉각과 통각 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

(2) **모범답안** 이 사람은 우반구에서 왼쪽 손으로 이어지는 경로가 손상된 부위를 지나지 않는다. 따라서 왼쪽 손으로 가시를 뺄 수 있을 것이다.

채점 기준	배점
정보의 이동 경로와 왼쪽 손의 움직임 모두 옳게 서술한 경우	100 %
정보의 이동 경로와 왼쪽 손의 움직임 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

## 04

**모범답안** 통증과 불안을 느낄 때 작용하는 자율 신경 X는 교감 신경이고, 교감 신경의 활성화로 인한 몸의 변화로는 심장 박동 촉진, 기관지 확장 등이 있다.

채점 기준	배점
자율 신경 X를 옳게 추론하고 환자 몸의 변화를 2가지 이상 옳게 쓴 경우	100 %
자율 신경 X를 옳게 추론하였지만 환자 몸의 변화를 1가지만 옳게 쓴 경우	50 %
자율 신경 X를 옳게 추론하였지만 환자 몸의 변화를 쓰지 못한 경우	25 %
자율 신경 X를 옳게 추론하지 못했지만 환자 몸의 변화를 1가지만 옳게 쓴 경우	25 %

## 05

부교감 신경의 작용으로 심장 박동은 억제된다. 따라서 ㉠은 억제이며, 교감 신경의 작용으로 심장 박동은 촉진되므로 ㉡은 촉진이다.

## 06

**모범답안** 루게릭병 환자는 운동 관련 신경 세포만 선택적으로 사멸한다. 따라서 씹고 넘기는 활동은 근육을 사용해야 하는데 운동과 관련된 신경 세포가 사멸되면 근육을 통제하는 정보가 전달되지 못해 식사 활동을 제대로 하기 어렵다.

채점 기준	배점
근육의 움직임과 운동 신경의 역할을 옳게 연결하여 서술한 경우	100 %
근육의 움직임과 연결시키지 못하고 운동 신경의 역할만으로 서술한 경우	50 %

# 08 근육의 구조와 수축 원리

핵심 개념 체크	본문 046쪽
1 뼈, 체성 운동	
2 ㉠ 근육 섬유 다발 ㉡ 근육 원섬유 ㉢ 마이오신	
3 마이오신, ATP 4 (1) ○ (2) × 5 없고, 짧아진다	

출제 예상 문제	본문 047~048쪽
01 ㉢ 02 ㉢ 03 ㉤ 04 ㉠ 05 ㉣	
06 ㉢ 07 ㉡ 08 ㉤ 09 ㉢	

## 01

- ① : 그림에서 근육은 여러 개의 근육 섬유 다발로 이루어져 있다.  
 ② : 그림에서 근육 섬유는 여러 개의 근육 원섬유로 이루어져 있다.  
 ③ : 골격근의 근육 섬유는 여러 개의 핵을 가진 다핵 세포이다.  
 ④ : 근육 원섬유 마디는 근육이 수축할 때 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 마디의 길이가 감소한다.  
 ⑤ : 근육 원섬유는 근육 단백질인 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트로 이루어져 있다.

## 02

그림에서 (가)는 근육 원섬유 마디의 길이가 감소하며 수축할 때, (나)는

근육 원섬유 마디의 길이가 증가하며 이완할 때이다.

㉠ : 그림에서 ㉠은 근육 단백질 중 액틴 필라멘트이다.

㉡ : (가)와 같은 변화가 일어나면 근육 원섬유 마디의 길이가 감소하므로 근육이 수축한다.

㉢ : A대의 길이는 마이오신 필라멘트의 길이이므로 근수축과 이완에 따른 변화가 없다.

## 03

㉣ : 근육 ㉣은 골격근이므로 대뇌의 지배를 받아 체성 운동 신경에 의해 수축된다.

㉤ : 근육 ㉤의 길이가 짧아지면 위아래에 연결된 골격을 잡아당겨 팔이 구부러진다.

㉥ : 근육이 수축되어 H대의 길이가 m만큼 감소하면 I대의 길이도 m만큼 감소한다. 그러므로 팔을 구부려도 (나)에서 'H대의 길이-I대의 길이'는 동일하다.

## 04

㉦ : 척수의 겉질은 축삭 돌기가 모여 있는 백색질이고, 척수의 속질은 신경 세포체가 모여 있는 회색질이다.

㉧ : 신경에서 신경 세포체의 위치를 볼 때, 신경 A는 운동 뉴런이다. 고무망치에 의한 충격을 (가)에 전달하는 것은 감각 뉴런이다.

㉨ : ㉦에는 액틴 필라멘트가 있고 ㉥에는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 있다. 따라서 ㉦과 ㉥에는 서로 공통된 근육 단백질이 존재한다.

## 05

㉩ : 마이오신 필라멘트는 액틴 필라멘트에 비해 굵다. 또한 ㉩ 부위에서는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹쳐 있다. 즉, A는 ㉥의 횡단면에, B는 ㉤의 횡단면에, C는 ㉦의 횡단면에 해당한다.

㉪ : A대는 ㉦과 ㉥이 모두 해당된다. 따라서 A대(암대)의 횡단면은 C 또는 B와 같은 횡단면을 가진다.

㉫ : A와 같은 횡단면을 갖는 부위는 I대에 해당한다. 근육이 수축하면 수축 전보다 I대가 짧아지므로, A와 같은 횡단면을 가지는 부위의 길이가 짧아진다.

## 06

근육이 수축할 때 근육 원섬유 마디에서 H대와 I대의 길이는 짧아지지만 A대의 길이는 변하지 않으므로 ㉠은 액틴 필라멘트만 존재하는 부위(I대), ㉡은 A대이다. ㉢는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부위의 절반이다. 따라서 ㉢의 길이=(A대의 길이-H대의 길이)÷2이다.

㉣ : 근육 원섬유 마디의 길이는  $t_1$ 일 때  $1.8+0.6=2.4\mu\text{m}$ ,  $t_2$ 일 때  $1.8+0.4=2.2\mu\text{m}$ 이다. 따라서  $t_1$ 일 때 H대의 길이는  $t_2$ 일 때보다  $0.2\mu\text{m}$  길어지므로  $0.2\mu\text{m}$ 이다.

㉤ :  $t_2$ 일 때 ㉢의 길이는  $(1.8-0)\div 2=0.9\mu\text{m}$ 이고, ㉣의 길이는  $0.4\mu\text{m}$ 이다. 따라서 ㉢의 길이는 ㉣의 길이보다 길다.

㉥ : A대(㉤)에는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 모두 있는 부위(A대-H대)가 있다. 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 중첩된 부분은 ATP를 사용해 근육을 수축시킨다.

## 07

㉦ : 그림에서 마이오신 필라멘트는 액틴 필라멘트에 비해 굵다. H대는 마이오신 필라멘트만 존재하는 부분이므로, H대의 단면은 (나)에 해당

한다.

✕ : (나)에서 보이는 필라멘트는 마이오신 필라멘트이다. 마이오신 필라멘트의 길이는 수축 전후에 변하지 않고 일정하다.

㉠ : ㉠에서 ㉡으로 될 때는 근육 원섬유 마디 X의 길이가 길어진다. 따라서 X에서 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹친 부위인 (가)와 같은 단면을 갖는 부분의 길이는 감소한다.

## 08

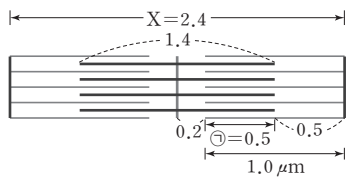
근육이 수축하는 동안 A대(암대)의 길이는 변화가 없고, I대(명대), H대, Z선과 Z선 사이의 길이가 짧아진다.

㉠ : ㉠은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이다.  $t_1$ 일 때 X의 길이가  $2.4 \mu\text{m}$ 이므로 ㉠의 길이는  $0.5 \mu\text{m}$ 이다.

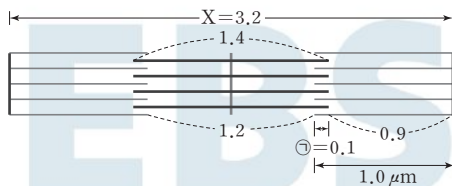
㉡ : A대의 길이는 변화가 없으므로 X의 길이가  $3.2 \mu\text{m}$ 인  $t_2$ 일 때 H대의 길이는  $1.2 \mu\text{m}$ 이다.

㉢ : 근수축 과정에서 A대의 길이는 변화가 없다. 따라서 A대의 길이는  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같다.

$t_1$ 일 때



$t_2$ 일 때



## 09

㉠ : 과정 (가)는 포도당이 젖산이 되는 과정으로 근육에 산소가 부족할 때 소량의 ATP를 생산하기 위해 일어난다.

㉡ : ATP는 근수축이 필요한 에너지를 직접 공급하는 물질이다. 포도당이나 크레아틴 인산 등은 ATP 합성에 필요한 에너지를 공급한다.

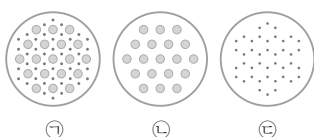
✕ : 크레아틴 인산은 운동을 시작할 때만 근수축 에너지를 공급하고 급격히 소모된다. 이후 산소 호흡과 무산소 호흡 등에 의해 ATP가 공급된다.

### 서답형 문제

본문 049쪽

- 01 해설 참조      02 ㉠: A대, 일정, ㉡: H대, 감소  
03 해설 참조      04  $1.6 \mu\text{m}$   
05 a: 감소, b: 변화없음, c: 감소      06 해설 참조

## 01



채점 기준	배점
단면을 구성하는 근육 단백질과 각 근육 단백질의 상대적인 크기를 옳게 나타낸 경우	100 %
단면을 구성하는 근육 단백질을 바르게 나타낸 경우	50 %

## 02

골격근을 구성하는 근육 원섬유 마디 X에서 ㉠은 A대이고 ㉡은 H대이다. X가 수축했을 때 ㉠의 길이는 일정하고 ㉡의 길이는 감소한다.

## 03

**모범답안** (가) 부분이 (나)에 비해 더 어둡게 보인다. (가) 부분은 상대적으로 굵은 마이오신 필라멘트로 이루어져 있고 액틴 필라멘트와 겹치는 부분이 존재한다. 반면 (나)는 상대적으로 가는 액틴 필라멘트로만 이루어져 있어 밝게 보인다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)에 대해 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)에 대해서만 옳게 서술한 경우	70 %

## 04

그림에서 ㉠은 I대, ㉡은 A대, ㉢은 H대이다. 근육이 수축하면 I대와 H대의 길이는 감소하고 A대의 길이는 일정하다. 또한 (다)는 마이오신 필라멘트가 있다고 하였으므로 ㉠ 또는 ㉡이다. 표에서 상대적인 길이를 보면 (가)가  $1.6 \mu\text{m}$ 로 길다. 따라서 (가)는 ㉡, (나)는 ㉠, (다)는 ㉢이다. (나)가  $0.2 \mu\text{m}$  감소하면 (다)도  $0.2 \mu\text{m}$  감소한다. 표를 완성하면 다음과 같다.

구분	(가) ㉡	(나) ㉠	(다) ㉢
이완	㉠ 1.6	0.4	0.2
수축	1.6	0.2	㉢ 0

따라서 ㉠과 ㉡의 길이의 합은  $1.6 \mu\text{m}$ 이다.

## 05

사진에서 a는 근육 원섬유 마디의 절반에 해당하고, b는 A대, c는 I대에 해당한다. 따라서 근육 수축 시 a와 c의 길이는 감소하고 b의 길이는 변함이 없다.

## 06

㉠은 액틴 필라멘트로만 이루어진 부위(I대의 절반), ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹쳐 있는 부위, ㉢은 마이오신 필라멘트로만 이루어진 부위(H대)이다. 시간이  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 흐를 때 ㉠~㉢(㉠~㉢)의 길이 합이 길어지므로 근육 원섬유 마디는 이완한다. 만약 근육 원섬유 마디가 이완해 길이가  $2d \mu\text{m}$  길어질 경우, ㉠의 길이는  $d \mu\text{m}$  길어지고, ㉡의 길이는  $d \mu\text{m}$  짧아지며, ㉢의 길이는  $2d \mu\text{m}$ 만큼 길어진다. 이에 따라 비교하면 ㉠은 ㉠이고, ㉡과 ㉢은 각각 ㉡과 ㉢ 중 하나이다.

**모범답안** 이 근육 원섬유 마디의 경우, 시간이  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 흐를 때 ㉠의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$  길어지고, ㉡의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$  짧아지며, ㉢(H대)의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$  길어진다.

채점 기준	배점
㉠~㉢의 길이 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉢의 길이 변화 중 2가지를 옳게 서술한 경우	75 %
㉠~㉢의 길이 변화 중 1가지를 옳게 서술한 경우	25 %



## 09 호르몬과 항상성 유지

### 핵심 개념 체크

본문 050~051쪽

- 1 ①-⑥, ②-③, ③-④      2 빠르, 좁다  
3 갑상샘 기능 항진증, 갑상샘 기능 저하증  
4 길항 작용, 음성 피드백      5 감소, 증가  
6 증가, 증가, 감소      7 (1) ○ (2) ○ (3) ×

### 출제 예상 문제

본문 052~054쪽

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

### 01

㉠: 특정 호르몬은 해당 호르몬에 대한 수용체를 가진 표적 세포나 표적 기관에만 작용한다.

㉡: 뇌하수체는 체내 주요 호르몬을 분비하는 내분비샘 중 하나이다.

㉢: 호르몬은 신경계보다 전달 속도는 느리지만 효과는 지속적이다.

### 02

A는 항이노 호르몬, B는 티록신이다.

㉠: A의 내분비샘은 뇌하수체 후엽이다. 항이노 호르몬은 뇌하수체 후엽에서 분비된다.

㉡: ㉠은 항이노 호르몬의 분비량을 조절하는 과정이므로 혈장 삼투압에 의해 조절된다.

㉢: ㉠과 ㉡은 호르몬 B의 분비를 촉진한다. 따라서 이 과정이 촉진되면 B의 분비가 증가한다.

### 03

㉠: ㉠은 뇌하수체 전엽의 호르몬이 자극하는 기관으로, 열 발생과 관련된 호르몬을 분비하므로 갑상샘이다.

㉡: ㉠은 포도당이다.

㉢: 혈중 포도당(㉠)의 양이 과도하게 증가하면 당뇨병이 된다.

㉣: 부신 결절 자극 호르몬이 분비되는 곳은 뇌하수체 전엽이다.

㉤: 항이노 호르몬(㉡)의 분비량이 감소하면 혈장 삼투압이 높아진다.

### 04

그림에서 운동을 시작하고 나서 호르몬 X는 감소하고 호르몬 Y는 증가하고 있다. 운동을 하면 혈중 포도당의 소모량이 증가하여 세포에 포도당을 공급해야 하므로 글루카곤의 양이 증가하고 인슐린의 양이 감소해야 한다. 따라서 호르몬 X는 인슐린, 호르몬 Y는 글루카곤이다.

㉠: X는 인슐린이며, 인슐린은 포도당을 글리코젠으로 저장하는 과정을 촉진한다. 인슐린의 분비량이 감소하면 포도당을 글리코젠으로 저장하는 과정 ㉠도 저해된다.

㉡: 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비되는 호르몬은 글루카곤으로, 글루카곤은 간의 글리코젠을 포도당으로 전환시켜 혈액에 포도당을 공급한다.

㉢: 호르몬 Y는 글루카곤이다. 인슐린과 글루카곤은 이자에 있는 포도당 수용체에 의해 분비가 조절된다.

### 05

그림 (가)는 정상인에서 식사 전후의 포도당, 인슐린, 글루카곤의 혈중 농도 변화를 나타낸 것이다. (나)는 포도당 농도가 증가해도 그에 따라 같이 증가하는 호르몬이 없으므로 당뇨병 환자이다. (가)에서 호르몬 A는 포도당 농도의 증가와 함께 증감하므로 인슐린이고, 호르몬 B는 포도당 농도가 증가한 경우 감소하므로 글루카곤이다.

㉠: (가)에서 혈당량의 증가로 인해 인슐린의 분비량은 증가하고, 글루카곤의 분비량은 감소한다.

㉡: 인슐린과 글루카곤은 길항 작용으로 혈당량을 조절한다.

㉢: (나)는 호르몬 A의 분비에 이상이 있어 I형 당뇨병(인슐린 의존성 당뇨병)이 나타났다.

### 06

그림에서 A는 뇌하수체, B는 갑상샘, C는 부신, D는 이자에 해당한다.

㉠: 갑상샘(B)을 자극하는 갑상샘 자극 호르몬은 뇌하수체(A)에서 분비된다.

㉡: 부신(C)에는 교감 신경이 연결되어 있어 자율 신경계의 영향을 받아 호르몬이 분비된다.

㉢: 이자(D)에서는 혈당량을 길항 작용으로 조절하는 서로 다른 호르몬인 인슐린과 글루카곤이 분비된다.

### 07

㉠: ADH가 증가하면 혈장 삼투압이 낮아지고 혈압이 증가한다. 주어진 그림에서 압력이 감소함에 따라 혈중 ADH가 증가하는 A는 동맥 혈압이고, 압력이 증가함에 따라 혈중 ADH가 증가하는 B는 혈장 삼투압이다.

㉡: 다량의 출혈이 발생하면 혈액량이 감소하며 혈압이 낮아진다. 따라서 ADH의 분비가 촉진된다.

㉢: B가  $P_2$ 에서  $P_1$ 이 되면 혈장 삼투압이 낮아진다. 따라서 생성되는 오줌의 농도가 낮아진다.

### 08

㉠: 호르몬 X는 포도당의 증가에 의해 분비량이 증가하므로 X는 인슐린이다. 인슐린은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다.

㉡:  $t_1 \sim t_2$  구간에서 인슐린의 농도가 증가하므로 혈중 글루카곤의 농도는 감소한다.

㉢:  $t_2 \sim t_3$  구간은 인슐린의 양이 감소하는 구간이다. 인슐린은 포도당의 농도가 감소함에 따라 감소하므로 포도당의 농도는 감소한다.

### 09

㉠: A는 신경 전달 물질이고, B는 호르몬이다.

㉡: A는 신경의 축삭 돌기 말단에서, B는 내분비샘의 내분비 세포에서 분비된다.

㉢: B는 특정 표적 세포나 표적 기관에만 작용한다.

㉣: (가)와 (나)의 표적 세포는 각각 A와 B의 수용체를 가지고 있어 특정 신경 전달 물질이나 호르몬에만 반응한다.

㉤: 환경 변화에 의해 발생한 신호가 표적 세포로 전달되기까지의 속도는 신경인 (가)가 호르몬인 (나)보다 빠르다. 반면 지속성은 (나)가 (가)보다 길다.

### 10

㉠ → ㉡ → ㉢ 과정은 간뇌의 시상 하부에서 분비되는 TRH에 의해 뇌하수체 전엽이 자극을 받아 TSH를 분비하고 이에 갑상샘에서 티록신을 분비하여 물질대사를 촉진하고 열 발생량을 증가시킨다. ㉣은 교감 신경

에 의해 피부 근처 혈관을 수축시켜 열 발산량을 감소시켜 체온 상승에 기여한다.

㉠ : ㉡가 활성화되면 피부 근처 혈관이 수축되어 피부로 이동하는 혈액량이 감소한다. 따라서 열 발산량이 감소한다.

㉢ : 간은 갑상샘에서 분비되는 호르몬인 티록신의 표적 기관이다.

㉣ : 체온 조절 과정에서 호르몬을 통한 자극 전달 경로인 ㉠ → ㉡ → ㉢을 통한 자극 전달보다 신경을 통한 자극 전달 경로인 ㉢을 통한 자극 전달이 더 빠르다.

## 11

그림 (가)에서는 혈장 삼투압이 증가함에 따라 혈중 ADH 농도가 증가하고 있다. 그림 (나)에서는 물 섭취 이후 혈장 삼투압과 오줌 삼투압이 모두 감소하였다. 이 구간에서 혈중 ADH 농도는 감소하고 오줌의 양은 증가한다.

㉠ : 구간 I 보다 구간 II에서 혈장 삼투압이 높다. 따라서 혈중 ADH 농도는 구간 II에서가 구간 I에서보다 높다.

㉢ : (가)에서 혈장 삼투압은  $p_2 > p_1$ 이므로 ADH 농도도  $p_2 > p_1$ 이다. ADH 농도가 높으면 오줌의 양이 감소한다. 따라서 단위 시간당 생성되는 오줌의 양은  $p_2$ 일 때보다  $p_1$ 일 때가 많다.

㉤ : 콩팥에서 수분 재흡수율은 ADH 농도가 높을수록 높다. 혈중 ADH 농도는 구간 II에서가 구간 I에서보다 높으므로 수분 재흡수율은 구간 II에서보다 구간 I에서 낮다.

## 12

㉠ : 갑상샘 기능 저하증은 티록신 분비가 과도하게 적을 때 나타난다.

㉢ : 소인증과 거인증은 모두 성장 호르몬의 분비 이상이 원인이다.

㉣ : 인슐린 비의존성 당뇨병은 인슐린 분비량이 정상이어도 비만이나 생활 습관 등으로 인해 표적 세포의 이상으로 나타나는 당뇨병이다.

## 13

㉠ : (가)는 음성 피드백으로 항상성이 유지되는 과정이다. 대표적인 예로는 갑상샘에서 분비되는 티록신에 의한 음성 피드백을 들 수 있다.

㉢ : (나)는 길항 작용으로 항상성이 유지되는 과정으로, 호르몬 C와 D의 예로 인슐린과 글루카곤을 들 수 있다. 인슐린과 글루카곤은 같은 표적 기관인 간에 작용하여 혈당량을 일정하게 조절한다.

㉣ : 티록신(B)의 농도가 일시적으로 정상보다 높아지면 음성 피드백에 의해 TSH(A)의 분비량은 감소한다.

## 14

㉠ : ㉡는 중간뇌에 속하지 않는다.

㉢ : 티록신의 표적 기관에는 간과 근육이 속한다.

㉤ : TRH와 TSH는 ㉢에 대해 길항 작용을 하지 않는다.

## 01

A: 부신 속질에서 분비되며 혈당량을 증가시키는 호르몬은 에피네프린이다.

B: 뇌하수체 후엽에서 분비되며 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 호르몬은 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

## 02

인슐린은 이자에서 분비되는 호르몬으로 표적 세포에 작용하여 혈당량을 낮추는 역할을 한다. 이자는 혈당량을 감지하여 적절한 수준으로 조절하는 중추 역할을 한다.

**모범답안** 그림에서 호르몬 A를 주사한 경우 혈당량이 감소하였으므로 호르몬 A는 인슐린이다. 또한 혈당량이 감소하였으므로 체내 인슐린의 분비량은  $t_1$ 에서보다  $t_2$ 에서 감소할 것이다.

채점 기준	배점
인슐린의 이름과 분비량을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
인슐린의 이름과 분비량 중 하나만 옳게 서술한 경우	30 %

## 03

**모범답안** 갑상샘의 기능이 저하된 환자에게 투입된 호르몬 A는 티록신이고 티록신의 증가에 의해 농도가 감소한 호르몬 B는 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬인 갑상샘 자극 호르몬이다.

채점 기준	배점
두 호르몬의 이름을 모두 옳게 추론하여 서술한 경우	100 %
두 호르몬 중 하나만 옳게 추론하여 서술한 경우	50 %

## 04

저온 자극에 의해 열 발생량이 증가하는 ㉡는 물질대사 촉진, 열 발산량이 감소하는 ㉢은 피부 근처 혈관 수축이다.

## 05

식사 후 혈중 포도당의 농도가 증가함에 따라 증가하는 호르몬 A는 인슐린, 감소하는 호르몬 B는 글루카곤이다. 인슐린은 이자의  $\beta$ 세포에서, 글루카곤은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.

## 06

**모범답안** 그림에서 혈장 삼투압이 증가함에 따라 혈중 X의 농도가 증가하므로 X는 항이뇨 호르몬이다. 항이뇨 호르몬은 뇌하수체 후엽에서 분비된다.

채점 기준	배점
올바른 추론을 통해 호르몬의 이름과 내분비 기관을 서술한 경우	100 %
호르몬의 이름과 내분비 기관을 서술하였지만 추론 과정에 오류가 있는 경우	70 %
호르몬의 이름만 옳게 서술한 경우	30 %

# 10 질병과 방어 작용

## 핵심 개념 체크

본문 056~057쪽

- |                 |                     |           |
|-----------------|---------------------|-----------|
| 1 곰팡이           | 2 비감염성              | 3 식세포(식균) |
| 4 특이적, 세포성, 체액성 | 5 (1) ○ (2) ○ (3) × |           |
| 6 형질, 항체, 2차    | 7 A와 B, 가지지 않는다     | 8 알레르기    |

## 서답형 문제

본문 055쪽

- 01 A: 에피네프린, B: 항이뇨 호르몬(ADH)  
 02 해설 참조      03 해설 참조  
 04 ㉠: 물질대사 촉진, ㉢: 피부 근처 혈관 수축  
 05 A: 인슐린-이자  $\beta$ 세포, B: 글루카곤-이자  $\alpha$ 세포  
 06 해설 참조

01 ②	02 ④	03 ⑤	04 ③	05 ①
06 ②	07 ③	08 ②	09 ①	10 ②
11 ③	12 ④	13 ②	14 ①	

## 01

결핵의 병원체는 세균, 독감의 병원체는 바이러스이다.

✕ : (가)는 세균으로, 핵막이 없는 원핵생물에 해당한다.

○ : (나)는 바이러스로서 단백질과 핵산으로 이루어져 있다. 핵산은 바이러스가 갖는 유전 물질이다.

✕ : (가)는 세포의 구조를 갖지만, (나)는 세포의 구조를 갖지 않는다.

## 02

주어진 표를 특징에 따라 구분하면 다음과 같다.

구분		질병
(가) 비감염성 질병		고혈압, 당뇨병
감염성 질병	(나) 세균에 의한 질병	결핵, 세균성 폐렴
	(다) 곰팡이에 의한 질병	무좀, 칸디다증

○ : (가)는 비감염성 질병으로 고혈압이나 당뇨병은 유전 또는 생활 습관의 영향을 받는다.

○ : (나)의 질병은 세균에 의한 것으로 백신에 의해 예방될 수 있다.

✕ : 면역 체계가 자신의 세포를 공격하여 발생하는 것에는 자가 면역 질환 등이 있다.

## 03

피부나 점막이 손상되어 병원체가 체내로 침입하면 열, 부어오름, 붉어짐, 통증이 나타나는 염증 반응이 일어난다. 이때, 대식세포와 같은 백혈구는 체내로 침투한 병원체를 식세포 작용을 통해 세포 내에서 분해시킨다.

○ : 그림에서 A는 식세포 작용으로 병원체를 제거하는 것으로 보아 A는 대식세포와 같은 백혈구이다.

○ : A의 식세포 작용은 항원의 종류에 따라 달라지지 않으므로, 1차 방어 작용에 해당한다.

○ : 그림은 X에 감염된 부분에서 염증 반응이 나타난 것이다.

## 04

그림에서 백신 A에 사용된 병원체 A는 항원 역할을 하는 단백질이 단일한 모양을 하고 있지만 병원체 B는 3종류의 단백질이 항원 역할을 하고 있다.

○ : 항체의 모양을 볼 때, 항체 I은 백신 A에 포함된 병원체의 막단백질에 결합할 수 있다. 백신 A에 의해 항체 I이 형성된다.

✕ : 항체 II와 항체 III의 입체 구조는 병원체 A의 막단백질과 결합할 수 있는 모양이 아니다. 따라서 병원체 A의 막단백질에 결합할 수 없다.

○ : 이 쥐에 살아 있는 병원체 B를 주입하면 병원체 B의 항원에 결합할 수 있는 항체에 의해 제거될 것이다.

## 05

1차 방어 작용(선천성 면역, 비특이적 방어 작용)은 병원체의 종류나 감염 경험의 유무와 관계없이 감염 발생 시 신속하게 반응이 일어난다.

○ : A는 대식세포에 의한 항원 제거 과정으로 비특이적 방어 작용에 해당한다.

✕ : B는 위산에 의한 세균 제거로서 선천성 면역에 해당한다.

✕ : C에서는 라이소자임에 의한 세균 제거로, 1차 방어 작용에 해당한다.

## 06

그림은 병원체가 2차 침입하였을 때 일어나는 방어 작용을 나타낸 것으로, 형질 세포로 분화된 ①은 B 림프구의 기억 세포이다.

✕ : 그림은 형질 세포가 만드는 항체에 의해 병원체가 제거되는 것으로 체액성 면역을 나타낸 것이다.

○ : ①은 B 림프구의 기억 세포이다. 병원체 X가 2차 침입하였는데 이미 기억 세포가 있으므로 이 기억 세포는 1차 침입 시 형성된 것이다.

✕ : 기억 세포는 형질 세포로 분화된다.

## 07

그림에서 민수의 혈액은 항 B 혈청에는 응집하지 않지만 항 A 혈청과는 응집 반응이 일어난다. 항 A 혈청에는 응집소  $\alpha$ 가 있으며 A형의 적혈구와 항원 항체 반응을 한다.

✕ : 항 B 혈청을 구성하고 있는 응집소 ①은 응집소  $\beta$ 이다.

✕ : 민수의 혈액은 항 B 혈청에는 응집하지 않고 항 A 혈청에서만 응집하고 있으므로, 민수의 혈액형은 A형이다.

○ : 민수의 적혈구를 O형인 사람의 혈청과 섞으면 이 혈청에는 응집소  $\alpha$ 와  $\beta$ 가 있으므로 A형 적혈구의 응집원과 응집 반응이 일어난다.

## 08

1단계는 알레르기 항원에 처음 노출되어 형질 세포가 형성한 항체가 비만 세포에 결합하는 것이고, 2단계는 알레르기 항원이 비만 세포 표면의 항체에 결합하여 비만 세포에서 히스타민이 방출된 결과 알레르기 증상이 유발되는 것이다.

✕ : 세포 (가)는 꽃가루 항원에 대한 항체를 생산하는 형질 세포이다.

✕ : 항체 A는 비만 세포의 표면에 결합하지만 비만 세포와 항원 항체 반응을 하지 않는다. 항체 A는 항원이 꽃가루이다.

○ : 알레르기 증상은 면역 반응 이상에 의해 나타나는 것으로 백신으로 예방하기 어렵다.

## 09

그림은 어떤 사람이 항원 X에 감염되었을 때, 세포독성 T 림프구에 의한 세포성 면역과 B 림프구에 의한 항원 항체 반응이 일어나는 체액성 면역을 나타낸 것이다.

○ : 세포독성 T 림프구의 직접적인 공격과 B 림프구의 분화에 의해 만들어진 항체를 통한 공격이 모두 일어나고 있다. 즉, 체액성 면역과 세포성 면역이 모두 일어나고 있다.

✕ : 보조 T 림프구의 자극으로 B 림프구는 형질 세포로 분화된다.

✕ : 항원 X에 대한 식세포 작용을 하는 것은 대식세포이다. 세포독성 T 림프구는 항원 X에 감염된 세포를 공격하는 세포이다.

## 10

민수네 가족은 ABO식 혈액형이 모두 다르다고 했으므로, 조건을 만족하는 민수네 가족의 혈액형은 다음과 같다.

구분	ABO식 혈액형	응집원	응집소
아버지	AB	A, B	—
어머니	O	—	$\alpha, \beta$
형	B	B	$\alpha$
민수	A	A	$\beta$



ㄴ : 형의 ABO식 혈액형은 B형이다.

ㄷ : 아버지의 혈액에는 응집소  $\alpha$ 가 없다.

ㄹ : 어머니의 혈장과 아버지의 적혈구를 섞으면 응집소  $\alpha$ ,  $\beta$ 와 응집원 A, B가 만나 응집 반응이 일어난다.

## 11

㉠ : 세포 A는 세균 X를 식세포 작용으로 용해하여 항체를 생산하는 체액성 면역 반응에 전달하는 역할을 하고 있다. 백혈구 중 대식세포는 세포 A에 해당한다.

㉡ : II에서 B 림프구는 세균 X에 대한 항체를 생산하는 형질 세포로 분화하였다.

ㄴ : (나)의 구간 a는 항체에 의해 세균 X를 제거하는 단계이므로, (가)의 II 단계에 해당한다.

## 12

주어진 표에서 A는 세균에 의한 질병, B는 바이러스에 의한 질병으로 구분한 것이다.

ㄴ : A는 항생제(항균제)로 치료한다. 바이러스는 항바이러스제로 치료하고, 곰팡이류는 항진균제로 치료한다.

㉠ : B의 병원체는 바이러스로서 숙주 세포 내에서 증식할 수 있으며, 숙주 세포 밖에서 스스로 증식하지 못한다.

㉡ : A의 병원체와 B의 병원체는 모두 전염성을 가진다.

## 13

ABO식 혈액형에 따른 응집원과 응집소 여부에 따라 정리할 수 있다.

구분	혈액형
응집원 A를 가진 학생	AB형, A형
응집소 $\beta$ 를 가진 학생	A형, O형
응집원 A와 응집소 $\beta$ 를 함께 가진 학생	A형

A형, B형, AB형, O형의 수를 각각 미지수 A, B, AB, O라고 하면 표에서 순서대로  $AB+A=43$ ,  $A+O=52$ ,  $A=28$ 이다. 따라서  $AB=15$ ,  $O=24$ 이고  $A+B+AB+O=100$ 이므로  $B=33$ 이다.

ㄴ : O형인 학생보다 B형인 학생의 수가 더 많다.

㉠ : 항 A 혈청과 항 B 혈청 모두에 응집되는 혈액을 가진 학생은 AB형으로 15명이다.

ㄴ : 항 B 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생은 AB형과 B형이다. 또한 이에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생은 O형과 A형이다. AB형과 B형의 수는 48이고 O형과 A형의 수는 52이다. 따라서 항 B 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생이 응집되지 않는 혈액을 가진 학생보다 적다.

## 14

HIV는 T 림프구를 파괴하여 세포성 면역과 체액성 면역을 모두 약화시킨다.

㉠ : 구간 a에서 HIV 항체 농도가 감소하는 것으로 보아 체액성 면역 반응이 감소한다.

ㄴ : B 림프구를 형질 세포로 전환시키는 T 림프구의 수가 시간에 따라 감소하는 것과 HIV 항체 농도가 모두 감소하는 것으로 보아 형질 세포의 수는  $t_2$ 에서가  $t_1$ 에서보다 적다.

ㄴ : 감염성 질병의 발병 확률은 면역 세포의 활성이 감소함에 따라 증가한다. 따라서  $t_1$ 에서보다  $t_2$ 에서 높다.

## 서답형 문제

본문 061쪽

01 A: 세균성 식중독균, B: 무좀균, C: HIV(AIDS 유발 바이러스)

02 해설 참조

03 항원, 기억 세포

04 해설 참조

05 해설 참조

06 ㉠: 보조 T 림프구, ㉡: 기억 세포, ㉢: 형질 세포

## 01

A: 유전 물질과 세포의 구조를 가지지만, 핵막을 가지지 않으므로 세균성 식중독균에 해당한다.

B: 유전 물질과 세포의 구조, 핵막을 모두 가지고 있으므로 무좀균에 해당한다.

C: 유전 물질은 가지지만 세포의 구조, 핵막을 모두 가지지 않으므로 바이러스인 HIV에 해당한다.

## 02

**모범답안** 백혈구는 항원인 세균을 식세포 작용을 통해 세포 내부에서 분해시킨다.

채점 기준	배점
식세포 작용이라는 용어를 사용하고, 세포 내부 분해를 서술한 경우	100 %
식세포 작용이라는 용어를 사용하지 않고, 세포 내부 분해를 서술한 경우	50 %

## 03

특정 단백질은 항원으로 작용한다. 백신이 주입되면 항원의 2차 침입에 대비할 수 있는 기억 세포가 만들어진다.

## 04

ABO식 혈액형에 따른 응집원과 응집소 여부에 따라 정리할 수 있다.

구분	혈액형
응집원 B가 있는 사람	AB형, B형
응집소 $\alpha$ 가 있는 사람	B형, O형
응집원 B와 응집소 $\alpha$ 가 함께 있는 사람	B형

**모범답안** A형, B형, AB형, O형의 수를 각각 미지수 A, B, AB, O라고 하면 표에서 순서대로  $AB+B=45$ ,  $B+O=47$ ,  $B=35$ 이다. 따라서  $AB=10$ ,  $O=12$ 이고  $A+B+AB+O=100$ 이므로  $A=43$ 이다.

채점 기준	배점
표의 자료를 계산식으로 변환하고, 이를 토대로 A형의 수를 옳게 구한 경우	100 %
표의 자료를 계산식으로 변환하였지만 계산 과정이 틀린 경우	30 %

## 05

대식세포가 기능하지 못하면 대식세포가 항원에 대한 정보를 전달하지 못해 림프구의 활동도 저해된다. 반면 림프구가 결핍된 생쥐는 1차 방어 작용은 작동하고 있으므로 대식세포가 결핍된 생쥐보다 세균을 더 잘 제거할 수 있다.

**모범답안** A는 면역 기능이 모두 작용하지 못하고 있으므로 대식세포가 결핍된 생쥐, B는 세균 X가 일정 수준 이상으로는 제거되지 못하고 있으므로 림프구가 결핍된 생쥐, C는 면역 기능이 제대로 작동하고 있으므로 정상 생쥐이다.

채점 기준	배점
A, B, C를 모두 옳게 추론한 경우	100 %
A, B, C를 옳게 추론하였지만 1가지 이상 이유를 서술하지 못한 경우	70 %
A, B, C 중 1가지만 옳게 추론한 경우	30 %

## 06

㉠은 대식세포에서 정보를 받아 B 림프구를 활성화시키므로 보조 T 림프구, ㉡은 B 림프구가 분화된 기억 세포, ㉢은 항체를 생산하는 형질 세포이다.

본문 062~066쪽

### 대단원 종합 문제

#### Ⅲ. 항상성과 몸의 조절

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

## 01

그림에서 자극이 주어진 후의 시점  $t_1$ 은 탈분극,  $t_2$ 는 재분극에 해당한다. (나)는  $t_2$ 일 때이므로 재분극 시 이온의 변화를 나타낸 것이다.  $K^+$ 은 재분극 시 이온 통로에 의해 세포 안에서 세포 밖으로 이동하므로 ㉠은  $K^+$ 에 해당한다.

㉡:  $t_2$  시기에 막전위 변화에 의해 열리는 통로는  $K^+$  통로이므로 ㉠은  $K^+$ 이다.

㉢: 이온 ㉠, 즉  $K^+$ 은  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 세포막을 통한 유출이 많이 일어난다. 즉 세포 안의 농도에 비해 세포 밖의 농도가 증가한다.

따라서 세포 안에서의 농도  
세포 밖에서의 농도  
는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

㉣:  $t_1$ 일 때 세포막은 탈분극 상황이므로  $Na^+$ 은  $Na^+$  통로를 통해 세포 밖인 ㉠에서 세포 안인 ㉡으로 확산된다.

## 02

(가)에서 자율 신경 A와 B의 신경절 위치를 볼 때, A는 부교감 신경이고 B는 교감 신경이다. 교감 신경은 심장 박동 속도를 증가시키고 부교감 신경은 심장 박동 속도를 감소시킨다. (나)에서는 자극에 의해 심장 박동수가 증가하였다. 따라서 자극한 것은 자율 신경 B, 즉 교감 신경이다.

㉠: A는 부교감 신경이므로, A의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

㉡: B는 교감 신경이다. 교감 신경은 척수에서 뻗어 나오므로 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수에 있다.

㉣: (나)는 자극에 의해 심장 박동 속도가 증가한 것으로 보아 교감 신경인 B를 자극했을 때의 변화이다. 교감 신경이 자극되면 신경절 이후 뉴런의 말단에서 노르에피네프린이 분비되어 심장 박동 속도가 증가한다.

## 03

(가)와 (나)에서 공통된 행동은 단어를 말하는 것이고 서로 구분되는 것은 (가)에서는 단어를 듣고, (나)에서는 단어를 본다는 것이다. 따라서 (가)에서 구분되는 부위 ㉠은 청각에 대한 것이고 (나)에서 구분되는 부

위인 ㉡는 시각에 대한 것이라고 추론할 수 있다. 이를 비교할 때 (가)에서는 청각 → 체감각 연합령 → 말하기 전두 연합령 → 운동 겹질로 이어지고 있는 것을 알 수 있고, (나)에서는 시각 → 체감각 연합령 → 말하기 전두 연합령 → 운동 겹질로 이어지고 있다.

㉢: ㉡는 시각의 중추이다. 단어를 듣고 따라 말할 때는 활성화되지 않지만 단어를 보면서 말할 때 활성화된다. 따라서 시각과 관련된 부위라는 것을 알 수 있다.

㉣: ㉠은 청각과 관련된 부위이다. 따라서 청각 부위가 손상될 경우 단어를 들을 수 없다.

㉤: ㉡, ㉢, ㉣는 체감각 연합령 → 말하기 전두 연합령 → 운동 겹질로 이어지는 경로이다. 따라서 말을 하기 위해 필요한 부위이다.

## 04

그림과 표에서의 위치를 일치시키면 다음과 같다.

신경	㉠ I	㉡ II	㉢ III
A (가)	-80 재분극	+20	-70 분극
B (나)	-70 분극	-80 재분극	+20

$t$ 일 때 B의 ㉡에서는 막전위가 -80 mV이므로 재분극(과분극)이 일어나지만, A의 ㉡에서는 막전위가 +20 mV이므로 시간이 더 지나야 막전위가 -80 mV가 된다. 따라서 ㉡로의 흥분 전도 속도는 A에서보다 B에서 빠르다.

㉢: (가)보다 (나)는 축삭 돌기의 지름이 커 흥분 전도 속도가 빠르다. 따라서 B는 (나), A는 (가)이다.

㉣: 흥분 전도 속도가 B에서보다 A에서 느리며,  $t$ 일 때 B의 ㉢는 막전위가 +20 mV이므로 A의 ㉢는 흥분이 아직 전도되지 않은 분극 상태이다. 반면  $t$ 일 때 A의 ㉠은 재분극(과분극) 중이고, A의 ㉡는 시간이 더 지나야 막전위가 -80 mV가 된다. 따라서 흥분은 ㉠(I) → ㉡(II) → ㉢(III)로 전도된다.

㉤:  $t$ 일 때 (나)의 I (B의 ㉠)은 흥분이 이미 지나간 분극 상태이고, (나)의 II (B의 ㉡)는 재분극(과분극) 상태이다.

## 05

그림은 손이 압정에 찢려 팔을 구부리는 척수 반사가 일어나는 경로를 나타낸 것이다. ㉠은 팔의 위쪽 근육으로 수축이 되면 팔이 구부러진다. 손에서 연결된 감각 뉴런으로 흥분이 전도되어 오면 ㉡과 같은 연합 뉴런을 지나 각 근육에 연결된 운동 뉴런으로 이어진다.

㉢: ㉠이 흥분하면 ㉡에는 수축 신호가 전달된다.

㉣: ㉢은 운동 뉴런으로 사람의 운동 뉴런은 말집 신경이다. 따라서 ㉣에서는 도약전도가 일어난다.

㉤: 근육 원섬유 마디에서 I대의 길이가 줄어드는 만큼 H대의 길이도 감소한다. 따라서 ㉠의 근육 원섬유 마디에서 'I대의 길이-H대의 길이'는 일정하다.

## 06

조건에서 구간 ㉠에는 액틴 필라멘트가 속한다고 하였으므로 ㉠은 ㉡ 또는 ㉢이다. 또한 ㉠+㉢은 수축 전후에 길이가 변하지 않으므로 ㉠+㉢은 ㉡+㉢이다. 반면 ㉠+㉡는 길이가 변하므로 ㉢+㉢이 아니라 ㉡+㉢이다. 따라서 ㉠은 ㉡, ㉡는 ㉢, ㉢은 ㉢이다.

㉤: ㉢은 ㉢이므로 근육 단백질 중 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 모두 있다.

㉔ : ⑥와 ⑦의 길이 합은 마이오신 필라멘트 길이의 절반이다. 따라서  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같다.

㉕ : ①과 ②의 길이의 차는 ③+④에서 ③+⑤를 뺀 값과 같다. 따라서  $t_1$ 일 때  $0.8\mu\text{m}(=2.0-1.2)$ 이고  $t_2$ 일 때  $0.6\mu\text{m}(2.0-1.4)$ 이다. ①과 ②의 길이의 차는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때  $0.2\mu\text{m}$  짧다.

## 07

그림에서 혈당량이 증가하면서 같이 인슐린 농도가 증가하고 이에 혈당량이 정상으로 돌아오는 (가)는 정상인, (나)는 혈당량이 증가해도 인슐린 농도 증가가 없으므로 인슐린 분비에 문제가 있는 I형 당뇨병 환자, (다)는 인슐린이 분비되어도 혈당량이 정상보다 현저히 높고 정상으로 돌아오지 않는 것으로 보아 II형 당뇨병 환자이다.

㉔ : (가)는 혈당량 증가에 의해 인슐린 농도가 증가하였다. 인슐린 농도가 증가하면 혈당량이 감소한다.

㉕ : (나)는 인슐린 분비에 문제가 있는 것으로 보아 I형 당뇨병 환자이다.

㉖ : (다)는 혈당량 증가에 따라 인슐린 농도가 증가해도 혈당량이 낮아지지 않는다. 따라서 (다)는 인슐린 수용체에 이상이 있는 II형 당뇨병 환자이다.

## 08

민수는 B형이므로 응집 반응이 일어난 경수의 ABO식 혈액형은 A형이다. 만약 경수의 적혈구가 AB형이라면 그림에 응집소가 1종류만 나타나야 하지만 그림에 두 종류가 제시된 것으로 보아 경수는 A형이다. 이를 토대로 표를 다시 정리하면 다음과 같다.

ABO식 혈액형	경수의 혈액		인원 (명)
	혈구 응집원 A	혈장 응집소 $\beta$	
(가) AB형	—	+	9
(나) A형	—	—	33
(다) B형	+	+	27
(라) O형	+	—	21

(+ : 응집함, — : 응집 안 함)

㉔ : 민수의 혈액형은 B형이므로 (다)이다.

㉕ : ㉔은 민수의 적혈구에 결합하므로 응집소  $\beta$ 이다. 응집소  $\beta$ 를 가진 학생은 A형과 O형이다. 따라서 90명의 학생 중 ㉔을 가진 학생은 54명 ( $=33+21$ )이다.

㉖ : 경수의 응집원과 같은 응집원을 가진 학생은 A형과 AB형이다. 따라서 42명이다.

## 09

항원에 대한 방어 과정을 볼 때, 세포 ㉔은 보조 T 림프구, 세포 ㉕은 B 림프구이다.

㉔ : 세포 ㉔과 ㉕은 보조 T 림프구와 B 림프구이다. T 림프구는 가슴샘에서, B 림프구는 골수에서 성숙한다.

㉕ : (나)는 대식세포에 의한 식세포 작용으로 항원에 대한 1차 방어 작용 중 하나이다.

㉖ : 방어 작용이 일어나는 순서는 (나) → (다) → (가) → (라)이다.

## 10

그림 (가)에서 정상과 비교해 ㉔은 같은 삼투압일 때 혈중 X의 농도가 낮다. 혈장 삼투압과 관련된 호르몬은 항이뇨 호르몬으로 혈액량 또는

혈압이 증가하면 항이뇨 호르몬이 감소하여 오줌으로 수분 배출량이 증가한다. (나)는 정상일 때 1L의 물을 섭취한 후 구간 I에서는 오줌의 삼투압은 감소하고 오줌의 양은 증가하였으며, 구간 II에서는 오줌의 삼투압은 증가하고 오줌의 양은 감소한다.

㉔ : ㉔은 정상 상태일 때보다 혈액량이 증가한 상태로 항이뇨 호르몬의 분비가 정상보다 감소하여 수분 재흡수량이 감소하였다.

㉕ : ㉔일 때 항이뇨 호르몬의 농도는  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 적다. 항이뇨 호르몬의 농도가 증가하면 콩팥에서 단위 시간당 수분 재흡수량이 증가한다. 따라서 콩팥에서 단위 시간당 수분 재흡수량은  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 적다.

㉖ : 항이뇨 호르몬인 호르몬 X의 혈중 농도는 혈장의 삼투압에 비례한다. 혈장 삼투압은 I일 때가 II일 때보다 낮다. 따라서 항이뇨 호르몬의 농도는 I일 때가 II일 때보다 낮다.

## 11

A에서 혈청과 기억 세포를 모두 B에게 주사하였으므로 B에서는 항체 농도가 증가 후 감소하였다. B에 X를 1차 주사한 경우 이미 기억 세포가 있으므로 2차 면역 반응이 일어난다. 그림에서 항체 농도는 형질 세포의 수에 비례한다.

㉔ : ㉔에는 혈청과 X에 대한 기억 세포가 포함되며, 형질 세포는 없다.

㉕ : 구간 I에서 B에는 이미 X에 대한 기억 세포가 있으므로 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

㉖ : 항체 농도를 보면 구간 I에서보다 구간 II에서 높으므로, 구간 I에서보다 구간 II에서 X에 대한 형질 세포의 수가 많다.

## 12

표에서 A~C를 완성하면 다음과 같다.

질병	특징
A 낮 모양 적혈구 빈혈증	비감염성 질병이다.
B 결핵	병원체는 세포 구조로 되어 있다.
C 후천성 면역 결핍 증후군	병원체는 스스로 물질대사를 하지 못한다.

㉔ : A는 낮 모양 적혈구 빈혈증으로 염기 서열이 정상과 달라지는 유전자 돌연변이가 원인이다.

㉕ : B의 병원체는 결핵균으로, 핵막을 가지고 있지 않다.

㉖ : C의 병원체는 바이러스의 하나이므로, 단백질과 핵산을 가지고 있다.

## 13

III은  $d_4$ 라고 하였으므로 흥분은 Q에서 P 방향으로 이동하고 있다. 활동 전위가 발생할 때 막전위 변화 그래프를 바탕으로 막전위 위치를 표시하면 다음과 같다.

신경	$t_1$ 일 때 측정된 막전위(mV)			
	IV $d_1$	I $d_2$	II $d_3$	III $d_4$
A	-65	-55	+30	-80
B	-55	-20	-10	-70

㉔ : II는  $d_3$ 에서 측정된 막전위이다.

㉕ :  $t_1$ 일 때 I의 A와 B는 모두  $d_2$  지점에서 탈분극이 진행 중이다.

㉖ :  $t_1$ 일 때, B의  $d_3$ 에서는 재분극이 진행되고 있다. 따라서  $K^+$ 이 세포 밖으로 확산된다.

## 14

응집원 ㉔과 ㉕은 각각 응집원 A와 응집원 B 중 하나이고 응집소 ㉔과



㉔은 각각 응집소  $\alpha$ 와  $\beta$  중 하나이다. 표에서 응집원 ㉑과 응집소 ㉔을 함께 가진 학생이 있으므로 이 학생은 A형 또는 B형이다. 만약 이 학생이 A형이라면 응집원 ㉑과 응집소 ㉔을 가진 학생은 B형이다. 각 혈액형을 미지수 A, B, AB, O라 하고, 가정에 따라 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	학생 수(명)
응집원 ㉑을 가진 학생=B+AB	37
응집소 ㉔을 가진 학생=B+O	56
응집원 ㉑과 응집소 ㉔을 함께 가진 학생=A	34

또한  $A+B+AB+O=100$ 이므로 O형 29명, A형 34명, B형 27명, AB형 10명을 구할 수 있다. 이 경우 A형인 학생이 O형인 학생보다 수가 많다는 조건을 만족시킨다.

㉑: O형인 학생 수는 29이므로 B형인 학생 수보다 많다.

✕: AB형인 학생 수는 10이다.

✕: 항 A 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생은 A형과 AB형이므로 44명이다. 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생은 B형과 O형이므로 56명이다. 따라서 항 A 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생 수가 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생 수보다 적다.

## 15

주어진 자료를 정리하면 다음과 같다.

(가) 중간뇌 반사: 무조건 반사  
(나) 척수 반사: 무조건 반사  
(다) 의식적인 반응

㉑: (가) 반응은 중간뇌 반사로서 ㉑ → 뇌 → A의 경로를 거친다.

✕: (나) 반응의 경로는 척수 반사이므로 뇌를 거치지 않는다.

✕: (다) 반응은 의식적인 반응으로 손의 감각을 이용하였으므로 뇌를 거치는 ㉑ → 척수 → 뇌 → 척수 → B의 경로를 따른다.

## 16

그림 (가)에서 ㉑ 구간은 탈분극, ㉒ 구간은 재분극이 일어나고 있다. (나)에서 속도는 단위 시간당 이동 거리이다. 따라서 속도를 해석할 때는 세로 축의 변화에 따라 가로 축의 변화량을 보아야 한다. 따라서 A로부터 B의 거리에 따라 I에서는 속도가 느리고 II에서는 속도가 빠르다.

㉑: ㉑ 구간에서 탈분극이 일어나  $\text{Na}^+$  막 투과도는 급격히 증가하고  $\text{K}^+$ 의 막 투과도는 거의 증가하지 않는다. 따라서  $\frac{\text{Na}^+\text{의 막 투과도 평균}}{\text{K}^+\text{의 막 투과도 평균}}$ 은 1보다 크다.

✕: I은 이동 속도가 느린 것으로 보아 말미집으로 싸여 있지 않은 부분으로 ㉑과 같은 막전위 변화가 측정되는 랭비에 결절 부분이다.

㉒: II는 흥분의 이동 속도가 빠른 것으로 보아 말미집으로 싸여 있는 부분이다.

## 17

㉔은 H대, ㉕은 I대의 절반이다. 근육 원섬유 마디가 짧아질 때 H대와 I대는 같은 길이만큼 감소한다.  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 ㉔의 길이는  $0.4\mu\text{m}$  짧아지고, ㉕의 길이는  $0.2\mu\text{m}$ (즉,  $0.4\mu\text{m}$ 의 절반) 짧아지므로 ㉔은 ㉕, ㉕은 ㉑에 해당한다.

✕:  $t_2$ 일 때 A대의 길이는  $0+(0.6\times 2)=1.2\mu\text{m}$ 이다.  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때 A대의 길이는 같으므로,  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때 A대의 길이는 모두  $1.2\mu\text{m}$ 이다.

㉑:  $t_1$ 일 때 X의 길이를  $x$ 라고 하면, H대가  $0.4(\mu\text{m})$  감소하므로  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $x-0.4(\mu\text{m})$ 이다. 따라서  $\frac{t_1\text{일 때 길이}}{t_2\text{일 때 길이}}=\frac{x}{x-0.4}=\frac{6}{5}$ 이며, 이 식을 풀면  $x=2.4(\mu\text{m})$ 이다. 따라서  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $2.0\mu\text{m}$ 이며, H대(㉔)의 길이는  $0\mu\text{m}$ , I대(㉕)의 길이는  $0.4\times 2=0.8\mu\text{m}$ 이므로 ㉑의 길이는  $(2.0-0-0.8)/2=0.6\mu\text{m}$ 이다.

㉒:  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 X는 더 수축된 상태이다.

## 18

자료에서 혈중 ADH 농도는 ㉑의 삼투압에 대한 ㉒의 삼투압 비가 증가하면서 같이 증가하고 있다.

혈장의 삼투압은 변화량이 적지만 오줌의 삼투압은 변화량이 크다. 이때 정상인에서는 혈장에 대해 오줌의 삼투압이 증가하는 구간에서 항이노 호르몬의 양이 증가한다. 즉 삼투압에서 ㉒은 오줌, ㉑은 혈장이다.

㉑: 혈중 ADH 농도가 증가함에 따라 ㉑의 삼투압에 대한 ㉒의 삼투압 비가 같이 증가하는 것으로 보아 ㉒은 오줌, ㉑은 혈장이다.

㉒: 간뇌는 항이노 호르몬(ADH)의 분비를 조절한다.

✕: 그림 (가)에서 ㉑(혈장)의 삼투압에 대한 ㉒(오줌)의 삼투압 비는 ADH의 혈중 농도로 알 수 있다. 물을 먹은 직후인  $t_1$ 에서가 ADH의 농도가 낮고 소금물을 먹은  $t_2$ 에서는 ADH의 농도가 높다.

## 19

주어진 표를 특징과 연결하면 다음과 같다.

호르몬	특징 ㉑ 표적 세포에서 포도당 흡수와 소모를 조절한다.	㉒ 오줌 생성량 을 직접 조절 한다.	㉓ 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬에 의해 분비량이 조절된다.
A 티록신	○	×	○
B 항이노 호르몬	×	○	×
C 인슐린	○	×	×

(○: 있음, ×: 없음)

㉑: 저온 자극에 의해 티록신의 분비량이 증가하면 물질대사율이 높아져 체온이 높아진다.

✕: B는 항이노 호르몬으로, 조절 중추가 간뇌이다.

✕: C는 인슐린이므로 분비량이 증가하면 혈당량이 감소한다.

## 20

생쥐 B에서 항체 농도가 ㉑ 주사 시 높은 것으로 보아 ㉑은 항체가 포함된 혈청, ㉒은 X에 대한 기억 세포이다. 따라서 생쥐 B에서는 1차 면역 반응이, 생쥐 C에서는 2차 면역 반응이 나타난다. 생쥐 D는 형질 세포를 주사하였으므로 기억 세포가 없어 2차 면역 반응이 일어나지 못한다. 따라서 X를 주사하면 1차 면역 반응이 일어난다.

㉑: 구간 III에서 항체 농도 변화는 1차 면역 반응인 구간 I에 가깝다.

㉒: 구간 IV에서 항체 농도 변화는 2차 면역 반응인 구간 II에 가깝다.

✕: 생쥐 D에서의 항체 농도 변화는 1차 면역 반응이다. 따라서 2차 면역 반응을 보이는 생쥐 C와 같지 않다.

## Ⅳ. 유전

### 11 염색체와 유전 물질

#### 핵심 개념 체크

본문 067~068쪽

- |          |                     |                 |
|----------|---------------------|-----------------|
| 1 DNA    | 2 (1) ○ (2) ×       | 3 염색사, 염색사, 염색체 |
| 4 $n$    | 5 상동 염색체            | 6 대립유전자         |
| 7 23, 46 | 8 (1) ○ (2) × (3) × |                 |

#### 출제 예상 문제

본문 069~071쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 ③ | 04 ③ | 05 ⑤ |
| 06 ④ | 07 ④ | 08 ③ | 09 ⑤ | 10 ① |
| 11 ④ | 12 ③ |      |      |      |

#### 01

(가)는 DNA, (나)는 당 : 인산 : 염기가 1 : 1 : 1로 구성된 뉴클레오타이드이다.

㉠ : (가)는 2중 나선 구조의 DNA이다. DNA는 당, 인산, 염기로 구성된 뉴클레오타이드가 중합체를 형성한 후, 폴리뉴클레오타이드가 2중 나선 구조로 꼬여 있다.

㉡ : (나)에서 뉴클레오타이드를 구성하는 당은 5탄당으로, 2번 탄소에 -H, 3번 탄소에 -OH기를 가진 디옥시리보스이다.

㉢ : (가)에 존재하는 염기의 종류는 아데닌(A), 타이민(T), 구아닌(G), 사이토신(C)의 4가지이다. 따라서 (가)에는 4가지 종류의 염기로 구성된 4가지 종류의 (나)(뉴클레오타이드)가 존재한다.

#### 02

염색체 수가 같더라도 서로 다른 종은 핵형이 다르다.

㉠ : 감자의 염색체 수는 48이고, 사람의 염색체 수는 46이다. 몸의 크기가 크다고 염색체 수가 많은 것은 아니다.

㉡ : 침팬지와 감자에서 체세포 1개에 들어 있는 염색체 수는 같지만 서로 다른 종이므로 핵형은 서로 다르다.

㉢ : 감자의 체세포 1개에 들어 있는 염색체 수는 48이고, 사람의 생식세포( $n$ ) 1개에 들어 있는 염색체 수는 23이다. 따라서 감자의 체세포 1개에 들어 있는 염색체 수는 사람의 생식세포 1개에 들어 있는 염색체 수보다 많다.

#### 03

㉠은 a이다.

㉡ : 한 염색체를 구성하는 염색 분체에 존재하는 유전자는 동일하므로 ㉠은 a이다.

㉢ : X에는 크기와 모양이 같은 상동 염색체 쌍이 있으므로 핵상은  $2n$ 이다.

㉣ : 이 생물은 유전자형으로 AaBbDd를 가진다. 그림의 우측 염색체에 B가 존재하므로 그림의 좌측 염색체에는 b가 존재한다. 그림의 좌측 염색체에 d가 존재하므로 그림의 우측 염색체에는 D가 존재한다. b와 D는 서로 다른 염색체를 구성하는 염색 분체에 존재하므로 염색 분체가

분리될 때 항상 같은 딸세포로 이동하지 않는다.

#### 04

이 사람은 성염색체로 X 염색체 1개만을 갖는 여성이고, ㉠에 존재하는 염색체 수는 45이다.

㉡ : ㉠의 핵형 분석 결과 염색체 45개가 존재하고, 염색체에는 유전 물질인 DNA가 존재하므로 ㉠에는 유전 물질이 있다.

㉢ : ㉠에 존재하는 상염색체 수는 44이고, 성염색체 수는 1이다. ㉠에 존재하는  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{성염색체 수}} = 44$ 이다.

㉣ : ㉠에 존재하는 염색 분체 수는 90이다.

#### 05

(가)는 상염색체 6개와 성염색체 XY를 갖는 수컷의 체세포이고, (나)는 상염색체 6개와 성염색체 XX를 갖는 암컷의 체세포이다.

㉠ : (가)에서 B는 X 염색체에, D는 Y 염색체에 존재하고, (나)에서 B와 b는 각각 서로 다른 X 염색체에 존재한다.

㉡ : B와 b는 서로 다른 X 염색체의 같은 위치에 존재하는 대립유전자이다.

㉢ : (가)에 존재하는 B는 1개이고, (나)에 존재하는 B도 1개이다. (가)와 (나)에 존재하는 B의 양은 서로 같다.

#### 06

A는 DNA, B는 히스톤 단백질이고, I과 II는 염색체를 구성하는 염색 분체이다.

㉠ : A는 기본 단위가 뉴클레오타이드인 DNA이다. DNA는 당, 인산, 염기로 구성되며, 인산을 구성하는 원소에 인(P)이 있으므로 A(DNA)를 구성하는 원소에 인(P)이 있다.

㉡ : I과 II는 염색체를 구성하는 염색 분체로 유전 정보가 서로 같다. 상동 염색체는 크기와 모양이 같은 염색체 쌍을 의미한다.

㉢ : B는 기본 단위가 아미노산인 히스톤 단백질이다.

#### 07

(가)는 A의 세포이고 핵상과 염색체 수는  $2n=8$ 이며, 성염색체 XY를 갖는다. (나)는 B의 생식세포이고 핵상과 염색체 수는  $n=5$ 이다.

㉠ : (가)는 A의 세포이고, A의 성염색체는 XY이다. (가)에서 회색 염색체의 크기가 다르므로 회색 염색체가 성염색체임을 알 수 있고, 나머지 염색체는 상염색체이다.

㉡ : (나)는 B의 세포이고, 핵상과 염색체 수는  $n=5$ 이다. 따라서 B에 존재하는 체세포 1개당 핵상과 염색체 수는  $2n=10$ 이다.

㉢ : (가)의 염색 분체 수는 16이고, (나)의 염색체 수는 5이다.

$\frac{\text{(가)의 염색 분체 수}}{\text{(나)의 염색체 수}} = 3.2$ 이므로 3보다 크다.

#### 08

㉠은 A, ㉡은 b, I은 히스톤 단백질이다.

㉢ : 염색체를 구성하는 염색 분체의 유전 정보는 같기 때문에 ㉠은 A, ㉡은 b이다.

㉣ : (나)의 I은 뉴클레오솜을 구성하는 히스톤 단백질이다.

㉤ : X가 세포 분열할 때 염색 분체가 분리되어 형성된 딸세포는 (가)의 염색체를 구성하던 염색 분체를 1개씩 가지므로 A와 b를 갖는다.

#### 09

세포 분열 과정에서 DNA가 복제된 후, 응축되어 염색체가 형성된다.

세포 분열을 통해 염색체를 구성하던 염색 분체가 분리된다.

㉠ : (가) 과정에서 염색체를 구성하던 염색 분체가 각각의 딸세포로 분리되었음을 알 수 있다.

㉡ : 세포 B에서 염색체 수는 4, 염색 분체 수는 8이므로  $\frac{\text{염색 분체 수}}{\text{염색체 수}} = 2$ 이다.

㉢ : 세포 분열 과정에서 염색 분체가 형성되고 분리되는 과정을 통해 딸세포가 형성된다. 이때 모세포와 딸세포가 가진 유전 정보는 서로 같다.

## 10

핵형 분석은 한 세포에 들어 있는 염색체의 수, 모양, 크기와 같은 염색체의 외형적 특성을 분석하는 것이다.

㉠ : 이 사람은 핵형 분석 결과 성염색체 XY를 가지므로 성별은 남자이다.

㉡ : ㉠과 ㉡은 DNA 복제 후 응축되어 형성된 염색체를 구성하는 염색 분체이고, 각 염색 분체의 유전자 구성은 같다.

㉢ : 핵형 분석 결과 1번 염색체의 크기가 가장 크고, 22번 염색체의 크기가 가장 작다. 1번에서 22번으로 갈수록 염색체의 크기가 작아진다.

## 11

A의 핵형 분석 결과 크기와 모양이 같은 염색체 2개가 쌍을 이룬 것이 3쌍 존재하고, 나머지 2개는 크기가 다르므로 성염색체 XY가 존재함을 알 수 있다. 따라서 A는 수컷의 핵형 분석 결과이고, B는 암컷의 핵형 분석 결과이다.

㉠ : ㉠과 ㉡은 염색체의 크기와 모양이 다르므로 상동 염색체가 아니다. 1번 염색체를 구성하는 2개의 염색체와 같이 크기와 모양이 같은 염색체가 상동 염색체이다.

㉡ : A에서는 성염색체 XY가 존재하고, B에서는 성염색체 XX가 존재한다. A에서는 상염색체 6개와 X 염색체 1개가 존재하므로  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}} = 6$ 이다.

㉢ : B에 존재하는 8개의 염색체는 크기와 모양이 같은 염색체 2개가 쌍을 형성하고 있으므로 B를 갖는 세포의 핵상은  $2n$ 이다.

## 12

핵상은 A와 B가 각각  $n$ 이고, C는  $2n$ 이다. 염색체 수는 A와 B가 각각 3이고, C는 6이다.

㉠ : A에서 핵상과 염색체 수는  $n=3$ 이고, B에서 핵상과 염색체 수는  $n=3$ 이다. 핵상은 A와 B가  $n$ 으로 서로 같다.

㉡ : C에서 염색 분체 수는 12이다.

㉢ : A의 염색체 수는 3이고, C의 염색체 수는 6이다. 염색체 수는 A가 C의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

### 서답형 문제

본문 072쪽

01 (1) (가)의 핵상은  $2n$ , (나)의 핵상은  $2n$ 이다. (2) B (3) 4

02 상동 염색체 03 (1) ㉠: A, ㉡: B (2) (나): DNA, (다): 뉴클레오솜, (라): 히스톤 단백질 (3) 해설 참조

04 (1) 여자 (2) 해설 참조 05 (1) 92 (2)  $2n=44+XY$

06 (1) 핵상 (2) 해설 참조

## 01

(가)는 성염색체 XX를 갖고, 크기와 모양이 같은 염색체 쌍이 존재하므로 핵상과 염색체 수는  $2n=6$ 이다. (나)는 성염색체 XY를 갖고, 크기

와 모양이 같은 염색체가 존재하므로 핵상과 염색체 수는  $2n=6$ 이다. 그림에서 (가)는 암컷이고, 암컷은 B로 제시되었으므로 (가)는 B이다. 따라서 (나)에서 상염색체 수는 4이고, X 염색체 수는 1이다. (나)에서  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 4이다.

## 02

상동 염색체는 체세포에 들어 있는 크기와 모양이 같은 한 쌍의 염색체이다. 사람은 부계와 모계로부터 상동 염색체를 하나씩 물려받고, 체세포 1개당 46개의 염색체를 갖는다.

## 03

염색체를 구성하는 각 염색 분체에 존재하는 유전 정보는 동일하므로 ㉠은 A이고, ㉡은 B이다. (나)는 DNA, (다)는 뉴클레오솜, (라)는 히스톤 단백질이다.

(3) **모범답안** (나)(DNA)의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다. 뉴클레오타이드는 당 : 인산 : 염기가 1 : 1 : 1의 비율로 존재하고, 당은 5탄당인 디옥시리보스이다.

채점 기준	배점
뉴클레오타이드를 구성하는 당, 인산, 염기를 언급하고 논리적으로 서술한 경우	100 %
뉴클레오타이드라고만 쓴 경우	30 %

## 04

핵형 분석 결과 염색체 번호는 상동 염색체 쌍을 염색체 길이가 긴 것부터 짧은 것 순으로 배열하여 1번부터 번호를 매긴다.

(2) **모범답안** 염색체의 모양이 X자 모양이다. 염색체의 수가 46개이다. 염색체의 크기는 번호가 증가함에 따라 점점 작아진다. 성별은 여자이다. 등

채점 기준	배점
핵형 분석을 통해 알 수 있는 사실(예: 염색체 모양, 염색체의 수, 염색체의 크기, 성별 등을 2가지 모두 옳게 서술한 경우)	100 %
핵형 분석을 통해 알 수 있는 사실(예: 염색체 모양, 염색체의 수, 염색체의 크기, 성별 등을 1가지만 옳게 서술한 경우)	50 %

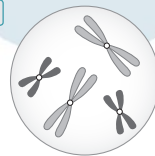
## 05

사람의 체세포 1개가 가지는 염색체 수는 46이고, 상염색체 수는 44, 성염색체 수는 2이다. ㉠은 46, ㉡은 44, ㉢은 2이므로 ㉠+㉡+㉢=92이다. 여자는 성염색체로 XX를 갖고, 남자는 성염색체로 XY를 갖는다.

## 06

핵상과 염색체 수가  $2n=4$ 이면 크기와 모양이 같은 상동 염색체 쌍이 존재하고, 염색체 4개가 존재한다. 조건에서 성염색체로 XX를 갖는다고 했으므로 성염색체의 크기와 모양도 동일하다.

(2) **모범답안**



채점 기준	배점
염색체 모양과 염색체 수를 옳게 그린 경우	100 %
염색체 모양 혹은 염색체 수 중 하나만 옳게 그리거나 모두 틀린 경우	0 %



## 12 세포 주기와 세포 분열

### 핵심 개념 체크

본문 073~074쪽

- 1 세포 주기      2 후기      3 2  
4 생식세포 분열(감수 분열)      5  $n, n, n$   
6 1, 2      7 (1) ○ (2) ○ (3) ×

### 출제 예상 문제

본문 075~077쪽

- 01 ⑤      02 ④      03 ②      04 ③      05 ⑤  
06 ③      07 ③      08 ②      09 ②      10 ⑤  
11 ②      12 ①

### 01

(가)에서 ④는 세포 분열을 준비하는 시기인  $G_2$ 기, ⑥는 핵분열이 일어나는 M기, ③은 세포의 생장이 일어나는  $G_1$ 기이다. (나)는 체세포 분열 중기에 관찰되는 세포이다.

㉠: ④는  $G_2$ 기, ⑥는 M기, ③은  $G_1$ 기이다. S기 세포에서 DNA 복제가 일어나므로 세포당 DNA양은 ④( $G_2$ 기) 시기 세포가 ③( $G_1$ 기) 시기 세포의 2배이다.

㉡: (나)에서 크기와 모양이 같은 상동 염색체 쌍이 존재하므로 핵상은  $2n$ 이다.

㉢: (나)의 세포는 체세포 분열 중기의 세포이고, 이 세포는 ⑥(M기)에서 관찰된다.

### 02

A와 C의 핵상은  $2n$ 이고, B의 핵상은  $n$ 이다. A와 C의 염색체 수는 4이고, B의 염색체 수는 2이다.

㉠: A는 상동 염색체 쌍이 존재하므로 핵상은  $2n$ 이다.

㉡: B와 C의 세포당 DNA양은 같지만, B에서 염색체 수는 2이고, C에서 염색체 수는 4이다.  $\frac{\text{염색체 수}}{\text{세포당 DNA양}}$ 는 B가 C의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

㉢: (가)에서 상동 염색체가 분리되므로 감수 1분열 과정에서 (가)가 일어나고, (나)에서는  $2n$ 인 세포에서 염색 분체가 분리되므로 체세포 분열 과정의 일부이다.

### 03

(가)는 B의 세포, (나)는 C의 세포, (다)와 (라)는 A의 세포이다.

㉠: (가)와 (다)는 상염색체의 크기와 색이 같으므로 같은 종이고, 검은색 염색체가 성염색체이며, 각각 A와 B의 세포 중 하나이다. A는 수컷이므로 (다)이고, B는 암컷인 (가)이다. (라)는 A에서 생성된 감수 2분열 중인 세포이고, 나머지 세포인 (나)는 C의 세포이다.

㉡: (가)는 B의 세포, (라)는 A의 세포이므로, 서로 같은 종의 세포이다.

㉢: (가)에서 상염색체 수는 6, X 염색체 수는 2이고, (다)에서 상염색체 수는 6, X 염색체 수는 1이다. 따라서 세포 1개당  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 (가)에서 3, (다)에서 6이다.

### 04

철수네 가족이 갖는 유전자는 표와 같다.

구성원	유전자
아버지	$AaB\_ , X^dY$
어머니	$aabb, X^D X^d$
철수	$AaBb, X^D Y$
여동생	$aaBb, X^d X^d$

㉠: 철수의 ㉠은 어머니로부터 물려받은 b이다.

㉡: 철수의 어머니는 D와 d를 모두 갖는다.

㉢: 아버지는 B가 존재하는 상염색체와 d가 존재하는 X 염색체를 갖는다.

### 05

영희네 가족이 갖는 유전자는 표와 같다.

구성원	유전자
아버지	$Aa, X^{BD}Y$
어머니	$Aa, X^{Bd} X^{Bd}$
오빠	$AA, X^{Bd} Y$
영희	$AA, X^{BD} X^{Bd}$
남동생	$aa, X^{Bd} Y$

㉠: 어머니, 오빠는 성별이 다름에도 A와 a의 DNA 상대량의 합이 같으므로 A와 a는 상염색체에 존재한다. 표의 구성원에서 여자의 B와 b의 DNA 상대량 합과 D와 d의 DNA 상대량 합은 남자의 2배이므로 B, b, D, d는 X 염색체에 존재한다. 표에서 남동생은 A를 갖지 않으므로 aa를 갖고, 남동생의 X 염색체는 어머니로부터만 물려받으므로 남동생은 B와 d가 함께 존재하는 X 염색체를 갖는다. ㉡=2, ㉢=0, ㉣=1이므로 ㉡+㉢+㉣=3이다.

㉤: A와 a는 상염색체에 존재하고, 나머지 유전자인 B, b, D, d는 X 염색체에 존재한다.

㉥: 어머니는  $X^{Bd} X^{Bd}$ 이고, 어머니의 딸인 영희는  $X^{BD} X^{Bd}$ 이므로 영희의  $X^{BD}$ 는 아버지로부터 물려받았음을 알 수 있다. 아버지는 B와 D가 함께 존재하는 X 염색체를 갖는다.

### 06

(가)는 감수 분열 과정에서 세포 1개당 DNA양 변화의 일부이다.  $t_1$  시점의 세포는 DNA가 복제되고 있는 간기 중 S기의 세포이다. (나)는 상동 염색체가 분리되고 있는 감수 1분열 후기의 세포이다.

㉠:  $t_1$  시점의 세포는 DNA가 복제되는 S기의 세포이다. S기는 간기의 일부이고, 간기의 세포에는 핵막이 존재한다. 따라서  $t_1$  시점의 세포는 핵막을 갖는다.

㉡: (나)는 상동 염색체가 분리되고 있는 감수 1분열 후기의 세포이다.  $t_1$  시점의 세포는 간기 중 S기의 세포이고,  $t_2$  시점의 세포는 감수 1분열 중인 세포이며,  $t_3$  시점의 세포는 감수 1분열이 끝난 세포이다.

㉢:  $t_3$  시점의 세포는 상동 염색체가 분리되어 형성된 것으로 모세포에 비해 염색체 수와 세포당 DNA양이 반감되어 있다. 그러나 세포의 염색체에는 2개의 염색 분체가 존재하므로  $\frac{\text{세포 1개당 염색 분체 수}}{\text{세포 1개당 염색체 수}} = 2$ 이다.

### 07

㉠은  $G_2$ 기, ㉡은 전기, ㉢은 중기, ㉣은 후기, ㉤은 말기, ㉥은  $G_1$ 기이다.

㉦: ㉢(중기) 시기 세포는 염색체가 적도면에 배열되어 있다.

㉧: ㉥은 염색 분체가 양극으로 분리되고 있으므로 ㉥(후기) 시기 세포에 속한다.

✕ : ④는 체세포 분열 중기의 세포로 DNA가 복제된 상태이다. ⑨(G<sub>1</sub>기) 시기 세포는 DNA가 복제되기 전의 상태이므로 ④의 DNA양은 ⑨ 시기 세포 DNA양의 2배이다.

## 08

세포 ㉠~㉤에서 B의 DNA 상대량이 0인 세포가 있으므로 ㉠~㉤ 과정은 감수 분열 과정이고, 각 세포가 가지는 핵상과 DNA 상대량은 표와 같으며, 감수 분열 과정은 ㉤ → ㉠ → ㉡ → ㉢ 순으로 일어난다.

세포	핵상	DNA 상대량			
		A	a	B	b
㉠	2n	2	2	2	2
㉡	n	1	0	0	1
㉢	n	2	0	0	2
㉤	2n	1	1	1	1

✕ : 핵상은 ㉠이 2n, ㉤이 n으로 서로 다르다.

✕ : 세포당 a의 DNA 상대량은 ㉠이 2, ㉤이 1로 서로 다르다.

㉤ : b의 DNA 상대량은 ㉤이 2, ㉡이 1이다.

## 09

A는 G<sub>2</sub>기, B는 S기, C는 G<sub>1</sub>기이고, 세포 주기는 ㉠ 방향으로 진행된다.

✕ : B는 간기 중 S기이다. S기는 DNA가 복제되는 시기로 염색체가 형성되지 않는다. 염색체가 형성되는 시기는 분열기(M기) 중 전기이다.

㉡ : ④의 세포는 세포당 DNA양이 2인 시기로 DNA가 복제된 상태이다. 간기 중 G<sub>2</sub>기와 분열기(M기)가 ④의 세포에 해당하고, G<sub>2</sub>기의 세포는 핵막이 존재하며, 분열기(M기)의 일부 세포는 핵막이 존재하지 않는다. 그림에서 G<sub>2</sub>기가 분열기(M기)보다 구간이 넓으므로 ④의 세포 중 핵막이 있는 세포 수 / 핵막이 없는 세포 수 > 1이다.

✕ : 표에서 세포당 DNA양이 1인 세포가 세포당 DNA양이 2인 세포보다 많으므로 G<sub>1</sub>기의 세포 수가 G<sub>2</sub>기의 세포와 분열기(M기)의 세포 수의 합보다 많다. 따라서 C는 G<sub>1</sub>기, B는 S기, A는 G<sub>2</sub>기이고, 세포 주기는 ㉠ 방향으로 진행된다.

## 10

①은 a와 B를 가지며, a와 B는 같은 염색체에 존재한다. ㉠~㉤ 중 A와 b를 모두 갖는 세포의 수가 3이 되기 위해서는 ㉠, ㉡, ㉤이 A와 b를 가져야 한다. 자료를 종합하면 세포 ㉠~㉤이 갖는 유전자는 오른쪽과 같다.

㉠ : ㉠은 A, a, B, b를 모두 갖는다.

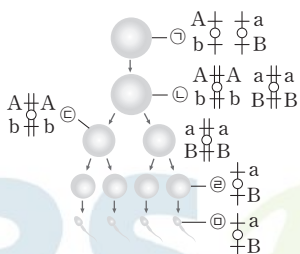
㉡ : ㉡에서 ㉤이 형성되는 과정에서 상동 염색체가 분리되므로 세포 1개당 DNA양은  $\frac{㉡}{㉤} = 2$ 이다.

㉤ : ㉠~㉤ 중 a와 B를 모두 갖는 세포는 ㉠, ㉡, ㉤, ㉤으로 4개이다.

## 11

t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub>에서 염색 분체가 분리되고 있으므로 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub>는 모두 체세포 분열 후기 과정 혹은 감수 2분열 후기 과정 중 하나이다. (나)는 핵상이 n인 세포에서 염색 분체가 분리되는 과정을 나타낸 것이므로 감수 2분열 후기 과정을 알 수 있다.

✕ : (나)는 t<sub>1</sub>에서 관찰된 세포이고, 핵상이 n이며 염색 분체가 분리되고 있으므로 감수 2분열 후기 과정을 알 수 있다.



✕ : (나)에서 염색 분체가 분리되는 핵분열 결과 생성된 딸세포는 크기와 모양이 같은 염색체를 갖지 않으므로 핵상은 n이다.

㉤ : 염색 분체가 분리되고 있는 감수 2분열 후기의 시점 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub>에서의 세포당 DNA양은 변함없다.

## 12

집단 ㉠은 B, 집단 ㉡은 C, 집단 ㉢은 A이다.

㉠ : 방추사 구성 물질의 합성을 억제하면 G<sub>2</sub>기에서 분열기(M기)로의 전환이 억제되므로 세포당 DNA양이 2인 세포가 증가하게 된다. 따라서 집단 ㉠은 B이다. 집단 ㉡은 DNA가 복제되는 중간 과정을 억제하는 물질이 처리되었을 때 나타나므로 C이고, 집단 ㉢은 A이다.

✕ : 집단 ㉡의 세포는 DNA가 복제되는 중간 과정을 억제하는 물질을 처리했을 때 나타나는 세포로, 세포당 DNA양이 1~2 사이인 간기의 세포가 증가하였다.

✕ : I은 DNA가 복제 중인 S기의 세포로, 염색체가 존재하지 않는다. 염색체는 분열기(M기)에 존재한다.

### 서답형 문제

본문 078쪽

01 (1) A (2) 해설 참조

02 해설 참조

03 A → D → B → C

04 (1) ㉠은 G<sub>1</sub>기, ㉡은 S기, ㉢은 G<sub>2</sub>기이다. (2) 해설 참조

05 (1) 체세포 분열 (2) 800개 (3) 600개

06 2가 염색체(4분 염색체)

## 01

A는 정상 세포, B는 암세포이다.

(1) A는 세포 주기가 정상적으로 조절되는 정상 세포, B는 세포 주기가 정상적으로 조절되지 않는 암세포이다.

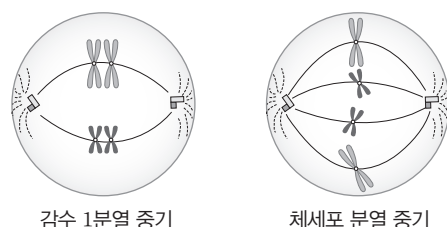
(2) **모범답안** '정상 세포인 A는 접촉 저해 현상이 있지만, 암세포인 B는 접촉 저해 현상이 없다'. 혹은 '정상 세포는 세포 주기가 조절되지만 암세포는 세포 주기가 조절되지 않는다.'

채점 기준	배점
정상 세포와 암세포를 비교하면서 '접촉 저해 현상의 유무' 혹은 '세포 주기 조절 기능 여부'를 언급하여 서술한 경우	100 %
정상 세포와 암세포의 비교 없이 단순히 '접촉 저해 현상의 유무' 혹은 '세포 주기 조절 기능 여부'에 대해서만 서술한 경우	50 %

## 02

핵상과 염색체 수가 2n=4인 세포가 분열하여 감수 1분열 중기 상태일 때 2가 염색체(4분 염색체)는 적도면에 배열하고, 체세포 분열 중기 상태일 때 상동 염색체는 쌍을 이루지 않은 상태로 적도면에 배열한다.

### 모범답안



감수 1분열 중기

체세포 분열 중기

채점 기준	배점
감수 1분열 중기 세포와 체세포 분열 중기 세포를 모두 옳게 그린 경우	100 %
감수 1분열 중기 세포와 체세포 분열 중기 세포 중 1가지만 옳게 그린 경우	50 %

## 03

감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되어 DNA양과 염색체 수가 절반으로 감소하고, 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리되어 DNA양은 절반으로 감소하지만, 염색체 수는 변함없다. A는 감수 1분열 전기 세포, B는 감수 2분열 중기 세포, C는 감수 2분열 말기 세포, D는 감수 1분열 후기 세포이다. 따라서 P에서 감수 분열이 일어날 때 세포 A~D가 관찰되는 순서는 A → D → B → C이다.

## 04

세포 주기는 간기와 분열기로 구분되고, 간기는 G<sub>1</sub>기, S기, G<sub>2</sub>기로 구분된다.

(2) **모범답안** ㉠은 G<sub>1</sub>기로 DNA 복제 전 시기이고, ㉡은 G<sub>2</sub>기로 DNA 복제 후 시기이기 때문이다. 핵 1개당 DNA양은 ㉡ 시기 세포가 ㉠ 시기 세포의 2배이다.

채점 기준	배점
㉡ 시기 세포가 ㉠ 시기 세포보다 핵 1개당 DNA양이 2배라는 사실을 그렇게 판단한 까닭과 함께 서술한 경우	100 %
㉡ 시기 세포가 ㉠ 시기 세포보다 핵 1개당 DNA양이 2배라는 사실을 그렇게 판단한 까닭이 없이 서술한 경우	50 %

## 05

그림에서 세포당 DNA양이 2부터 4까지만 존재하므로 체세포 분열임을 알 수 있다. 세포당 DNA양이 2인 세포는 DNA 복제 전으로 G<sub>1</sub>기 세포이고, 세포당 DNA양이 4인 세포는 DNA 복제 후로 G<sub>2</sub>기와 M기 세포이다. 세포당 DNA양이 2부터 4까지의 범위에 해당하는 세포는 DNA가 복제되는 S기 세포이다. 따라서 G<sub>1</sub>기에 해당하는 세포는 800개이고, G<sub>2</sub>기와 M기에 해당하는 세포의 합은 600개이다. 따라서 S기에 해당하는 세포는 2,000 - 800 - 600 = 600개이다.

## 06

2가 염색체는 감수 1분열 전기에 상동 염색체가 접합하여 형성되며, DNA 복제가 일어난 이후이므로 각 상동 염색체마다 2개의 염색 분체를 가지고 있어 2가 염색체는 4개의 염색 분체를 가진다.

## 13 사람의 유전

핵심 개념 체크			본문 079~080쪽
1 남자, 여자	2 상염색체	3 단일 인자	
4 (1) × (2) ○	5 AB형, O형	6 다르다	
7 X <sup>r</sup> X <sup>r</sup> , X <sup>r</sup> Y	8 $\frac{1}{4}$	9 (1) × (2) × (3) ○	

출제 예상 문제					본문 081~084쪽
01 ③	02 ②	03 ⑤	04 ④	05 ③	
06 ④	07 ③	08 ⑤	09 ⑤	10 ③	
11 ③	12 ①	13 ⑤	14 ⑤	15 ③	
16 ③					

## 01

정상 부모 사이에서 PTC 미맹을 가진 딸인 영희가 태어났으므로, PTC 미맹은 상염색체 유전 형질이고 정상은 PTC 미맹에 대해 우성 형질(T), PTC 미맹은 정상에 대해 열성 형질(t)이다. PTC 미맹이 상염색체 유전 형질이라면 영희의 아버지는 PTC 미맹을 가져야 하지만, 영희의 아버지는 정상이다.

㉠: T(우성)는 정상 대립유전자이고, t(열성)는 PTC 미맹 대립유전자이다.

㉡: 유전자형으로 Tt를 가진 부모 사이에서 태어난 자녀가 가질 수 있는 유전자형은 TT, Tt, Tt, tt이다. (가)는 정상이므로 (가)의 유전자형이 TT일 확률은  $\frac{1}{3}$ 이다.

㉢: PTC 미맹은 상염색체 열성 유전 형질이다.

## 02

㉠은 상염색체 우성 유전 형질이며, ㉡은 상염색체 열성 유전 형질이고, ㉢은 우성 유전 형질이다.

㉣: ㉠이 상염색체 우성 유전 형질이면 ㉠의 특성인 '아버지가 ㉠을 나타낼 때 태어나는 딸은 모두 ㉠을 나타낸다.'가 나타난다. ㉠이 상염색체 유전 형질이라면 딸과 아들에 따른 표현형의 발현 비율이 같다.

㉤: 정상인 부모 사이에서 ㉡을 나타내는 자녀가 태어났으므로 정상이 ㉡에 대해 우성이다. ㉡이 상염색체 유전 형질이라면 정상인 아버지로부터 태어난 딸은 모두 정상이어야 하지만, 표에서 ㉡을 나타내는 딸이 태어날 수 있다고 했으므로 ㉡은 상염색체에 의한 유전 형질이다.

㉥: ㉡을 나타내는 부모 사이에서 정상인 아들이 태어날 수 있으므로 ㉡ 발현 유전자는 우성, 정상 유전자는 열성이다.

## 03

(가)는 상염색체 우성 유전 형질이고, A는 우성인 (가) 발현 유전자, a는 열성인 정상 유전자이다. 성별에 따라 표현형 비율이 같으면 상염색체 유전이고, 성별에 따라 표현형 비율이 다르면 상염색체 유전이다.

㉠: 두 번째 자료에서 (가)를 가진 남자와 정상인 여자 사이에서 태어난 딸은 모두 (가)를 가진다고 하였으므로 (가)는 상염색체 우성 유전 형질임을 알 수 있다. A는 (가)를 발현시키는 유전자이고, a는 정상 유전자이다. ㉡((가)를 가진 남자)의 유전자형은 X 염색체에 A를 갖는 X<sup>A</sup>Y이다.

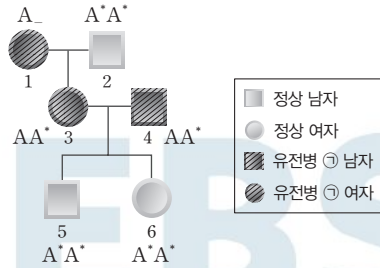
㉢: ㉡((가)를 가진 여자)과 정상 남자(X<sup>a</sup>Y) 사이에서 태어난 자녀 중 (가)를 가진 사람과 정상인 사람이 모두 존재하므로 ㉡의 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>임을 알 수 있다. 만약 ㉡의 유전자형이 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>이면, 태어난 자녀 모두 (가)를 가지므로 조건에 맞지 않다. ㉠(X<sup>A</sup>Y)과 ㉢(X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>) 사이에서 자녀가 태어날 때, 이 자녀가 가질 수 있는 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>, X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>, X<sup>a</sup>Y, X<sup>A</sup>Y 이고, 이 중 (가)를 가질 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

㉥: (가)를 가진 남자의 유전자형은 X<sup>A</sup>Y, 정상인 여자의 유전자형은 X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>이므로, 이들 사이에서 태어난 아들은 모두 유전자형으로 X<sup>a</sup>Y를 갖는 정상이다.



#### 04

유전병 ㉠을 가진 3과 4로부터 정상인 5와 6이 태어났으므로 ㉠(A)은 정상(A\*)에 대해 우성이고, 상염색체 유전임을 알 수 있다. ㉠이 성염색체 유전이라면 ㉠을 가진 4로부터 정상인 6이 태어날 수 없다.



- ㉠ : A와 A\*는 모두 상염색체에 존재한다.  
 ㉡ : 3의 유전자형은 AA\*이다. 3이 가진 A는 1로부터 물려받았고, A\*는 2로부터 물려받았다.  
 ✕ : 이 가계도에서 A\*를 갖는 사람은 2, 3, 4, 5, 6으로 최소 5명이다.

#### 05

표에서 철수의 A\*의 DNA 상대량이 2이므로 A와 A\*는 상염색체에 있음을 알 수 있다.

구성원	DNA 상대량	
	A	A*
아버지	1	1(㉠)
어머니	1	1
누나	0	2(㉡)
철수	0	2
남동생	2(㉢)	0

- ㉠ : ㉠=1, ㉡=2, ㉢=2이므로 ㉠+㉡+㉢=5이다.  
 ㉡ : 어머니는 A와 A\*를 모두 갖는다.  
 ✕ : 철수의 A\*는 상염색체에 존재한다. A\*가 성염색체인 X 염색체에 존재한다면 철수의 G<sub>1</sub>기 체세포가 가진 A\*의 DNA 상대량은 2가 될 수 없다.

#### 06

미맹은 상염색체 열성 유전 형질이고, 적록 색맹은 성염색체 열성 유전 형질이다.

- ✕ : A와 a는 상염색체에 존재하고, B와 b는 성염색체인 X 염색체에 존재한다.  
 ㉠ : 이 부모 사이에서 태어난 아들의 적록 색맹 유전자형은 모두 X<sup>b</sup>Y 이므로 적록 색맹이다.  
 ㉡ : 이 부모 사이에서 자녀가 태어날 때, 이 자녀가 미맹일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이고, 적록 색맹일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 자녀가 미맹이면서, 적록 색맹일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

#### 07

- (가)의 유전자형으로는 AA, AB, AC, BB, BC, CC가 있고, 표현형으로는 AA, A<sub>-</sub>, B<sub>-</sub>, C<sub>-</sub>가 있다.  
 ㉠ : (가)의 유전자형은 6가지이다.  
 ㉡ : (가)의 표현형은 4가지이다.  
 ✕ : AB와 AC인 부모 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 유전자형으로는 AA, AC, AB, BC가 있고, 표현형으로는 AA, A<sub>-</sub>, B<sub>-</sub>의 3가지가 있다.

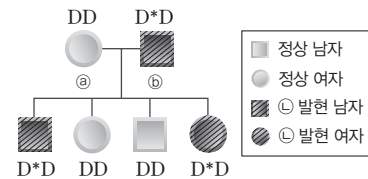
#### 08

다인자 유전은 한 가지 형질에 대해 여러 쌍의 대립유전자가 누적적으로 영향을 미쳐 형질이 발현되는 유전 현상이다.

- ✕ : 피부색 유전은 다인자 유전이다. 복대립 유전은 세 개 이상의 대립 유전자가 하나의 형질을 결정하는 경우이다.  
 ㉠ : 유전자형이 AABBddee인 사람과 유전자형이 aabbDDEE인 사람은 대문자인 대립유전자의 수가 4개로 같으므로 피부색 형질이 같다.  
 ㉡ : 유전자형이 AaBbDdEe인 두 사람이 결혼하여 자손을 낳을 경우, 이 자손이 aabbddeee를 가질 확률은  $\left(\frac{1}{4}\right)^4 = \frac{1}{256}$ 이다.

#### 09

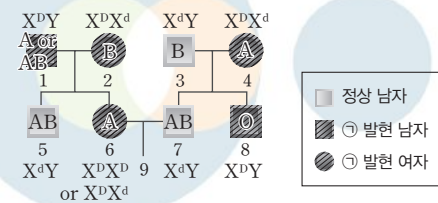
㉠은 복대립 유전 형질이고, ㉡ 발현 여부에 관여하는 유전자는 A, B, C의 3가지이다. ㉢은 상염색체 유전 형질이고, ㉣의 유전자형은 D\*D이며 ㉣이 발현되므로 D\*(우성)는 ㉣ 발현 유전자, D(열성)는 정상 유전자이다.



- ㉠ : 가계도 그림의 ㉡를 통해 D\*(우성)는 ㉣ 발현 유전자임을 알 수 있다.  
 ㉡ : 유전자형이 AC인 여자와 AB인 남자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 유전자형은 AA, AB, AC, BC의 4가지이고, 표현형은 A<sub>-</sub>, B<sub>-</sub>의 2가지이다. 유전자형이 DD\*인 여자와 DD\*인 남자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 유전자형은 DD, D\*D, D\*D\*의 3가지이고, 표현형은 D\*<sub>-</sub>, DD의 2가지이다. 따라서 유전자형이 ACDD\*인 여자와 ABDD\*인 남자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 2×2=4가지이다.  
 ㉢ : 유전자형이 ABDD\*인 부모 사이에서 표현형이 부모와 같은 B<sub>-</sub>가 태어날 확률은  $\frac{3}{4}$ , D\*<sub>-</sub>가 태어날 확률도  $\frac{3}{4}$ 이다. 따라서 유전자형이 ABDD\*인 부모 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 부모와 표현형이 같을 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$ 이다.

#### 10

㉠을 가진 1과 2로부터 정상인 5가 태어났으므로 ㉠은 우성(D), 정상은 열성(d)이다. 5와 6이 AB형과 A형이므로 1은 A형 혹은 AB형이고, 7과 8이 AB형과 O형이므로 4는 A형이다.



- ㉠ : 1과 4는 모두 응집원 A를 만드는 I<sup>A</sup> 유전자를 갖는다.  
 ㉡ : D는 우성인 ㉠ 발현 유전자이고, d는 열성인 정상 유전자이다.  
 ✕ : 9의 혈액형이 B형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 9에서 ㉠이 발현되기 위해서는 6의 유전자형이 X<sup>D</sup>X<sup>D</sup>일 때와 X<sup>D</sup>X<sup>d</sup>일 때 모두 가능하다. 첫째, 6의 유전자형이 X<sup>D</sup>X<sup>D</sup>일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. X<sup>D</sup>X<sup>D</sup>인 6과 X<sup>d</sup>Y인 7 사이에서 태어난 자손이 ㉠이 발현될 확률은 1이다. 둘째, 6의 유전자형이 X<sup>D</sup>X<sup>d</sup>일

확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.  $X^D X^d$ 인 6과  $X^d Y$ 인 7 사이에서 태어난 자손이 ㉠이 발현( $X^D X^d$ ,  $X^D Y$ )될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 9의 ABO식 혈액형이 B형이고, ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{16}$ 이다.

## 11

(가)는 성염색체 열성 유전 형질이고, ㉠은 (가)에 대한 유전자형이 동형 접합성이며, ㉡은 (가)에 대해 이형 접합성이다.

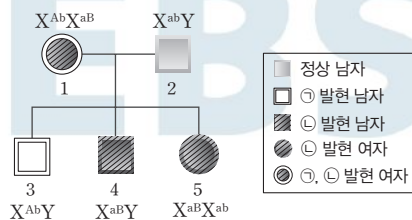
㉠: 아들의 X 염색체는 어머니로부터 받는다. 자료의 두 번째 문장에서 정상인 여자로부터 (가)를 가진 아들과 정상인 아들이 모두 태어났다고 제시되었으므로 정상인 여자의 (가)에 대한 유전자형은 이형 접합성이다. 따라서 정상 형질이 (가)에 대해 우성이고, (가)는 정상에 대해 열성이다.

㉡: 정상 유전자를 A, (가) 발현 유전자를 a라 하면, 세 번째 문장에서 정상 남자의 유전자형은  $X^A Y$ 이고, (가)를 가진 여자 ㉠의 유전자형은  $X^a X^a$ 이다. 따라서 ㉠의 (가)에 대한 유전자형은 동형 접합성이다.

㉢: ㉠의 유전자형은  $X^a X^a$ , 딸 ㉡의 유전자형은  $X^A X^a$ 이다. 따라서  $G_1$  기 체세포 1개당 존재하는 (가) 발현 유전자(a)의 수는 ㉠이 ㉡의 2배이다.

## 12

1은 ㉠을 갖고, 3과 4의 ㉠에 대한 표현형이 다르므로 1의 ㉠에 대한 유전자형은 이형 접합성인 Aa이다. 1이 ㉠을 발현하므로 A는 ㉠ 발현 유전자이고, a는 정상 유전자이다. 또, 1은 ㉡을 갖고, 3과 4의 ㉡에 대한 표현형이 다르므로 1은 ㉡에 대한 유전자형으로 이형 접합성인 Bb를 갖는다. 1이 ㉡을 발현하므로 B는 ㉡ 발현 유전자이고, b는 정상 유전자이다.



㉢: A는 ㉠ 발현 유전자, a는 정상 유전자이다.

㉣: 1~5 중 a와 B가 함께 존재하는 X 염색체를 가진 사람은 1, 4, 5로 3명이다.

㉤: 5의 동생이 태어날 때, 이 동생에게서 ㉠과 ㉡이 모두 나타날 확률은 0이다.

## 13

3은 AB형, 4는 O형이므로 1과 2는 각각 A형과 B형 중 하나이다. ㉠ 발현 유전자를 P, ㉠ 미발현 유전자를  $P^*$ 라 하면, 1과 2는 ㉠이 발현되었고, 자녀 3은 ㉠이 발현되지 않았으므로 ㉠ 발현(P)은 ㉠ 미발현( $P^*$ )에 대해 우성 형질이다. ㉡ 발현 유전자를 Q, ㉡ 미발현 유전자를  $Q^*$ 라 하면, 1과 2는 ㉡이 미발현되었고, 4는 ㉡이 발현되었으므로 ㉡ 발현(Q)은 ㉡ 미발현( $Q^*$ )에 대해 열성 형질이다.

구성원	혈액형	㉠	㉡
1	A형 or B형	+(PP*)	-(Q*Q)
2	B형 or A형	+(PP*)	-(Q*Q)
3	AB형	-(P*P*)	?(Q*Q* or Q*Q or QQ)
4	O형	+(P_-)	+(QQ)

(+: 발현됨, -: 발현 안 됨)

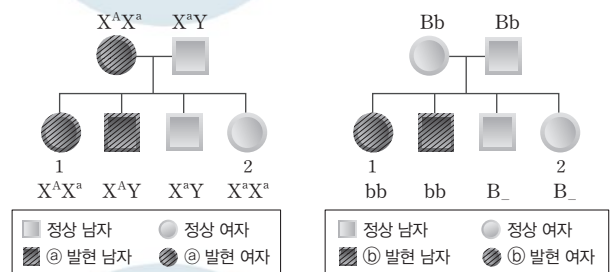
㉢: ㉠에 대한 유전자형으로 1은  $PP^*$ , 2는  $PP^*$ 를 가지므로 유전자형이 서로 같다.

㉣: 1~4 중 ABO식 혈액형에서 응집원 A를 만드는 유전자인  $I^A$ 를 갖는 사람은 1과 2 중 1명과 3으로 총 2명이다.

㉤: 4의 동생이 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$ , ㉠ 미발현( $P^*P^*$ )일 확률은  $\frac{1}{4}$ , ㉡ 발현(QQ)일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 4의 동생이 A형, ㉠ 미발현, ㉡ 발현일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$ 이다.

## 14

㉠에 대한 가계도에서 정상은 우성 형질이고, ㉡ 발현은 열성 형질이다. ㉠에 대한 가계도에서 정상인 부모 사이에 ㉡ 발현 여자가 태어났으므로 ㉠에 대한 가계도는 상염색체 유전이고, ㉡는 ㉠임을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 ㉡이다. ㉡ 발현 유전자를 A, ㉡에 대해 정상 유전자를 a, ㉠ 발현 유전자를 b, ㉠에 대해 정상 유전자를 B라 하면 가계도에서 유전자형은 그림과 같다.



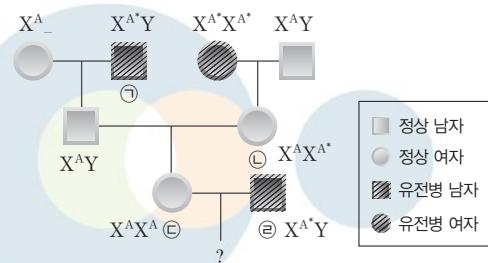
㉢: ㉠에 대한 가계도에서 정상인 부모 사이에 ㉠인 자녀가 태어났으므로 ㉠은 정상 형질에 대해 열성 형질이다.

㉣: 1은 ㉡에 대한 유전자형이 이형 접합성( $X^A X^a$ )이다.

㉤: 2의 동생이 태어날 때 ㉠이 발현될 확률(bb)은  $\frac{1}{4}$ 이고, ㉡이 발현될 확률( $X^A X^a$ ,  $X^A Y$ )은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 ㉡이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

## 15

㉠의 유전자형은  $AA^*$ 이고, 정상 형질을 갖는다. ㉠의 유전자형이  $AA^*$ 이면 ㉠과 ㉡의 표현형이 같아야 하지만 ㉠의 표현형이 ㉡의 표현형과 다르기 때문에 A를 갖지 않는다. 따라서 유전병은 성염색체 유전 형질이다.  $A^*$ 는 유전병 발현 유전자이고, ㉡을 통해  $A^*$ 가 열성 유전자임을 알 수 있다.



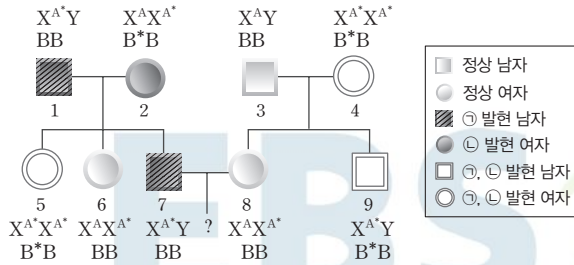
㉢: ㉡의 아버지는 정상이고 유전자형이  $X^A Y$ 이다. ㉡의 유전자형은  $X^A X^A^*$ 이고 정상이므로 A(정상 유전자)는  $A^*$ (유전병 유전자)에 대해 우성이다.

㉣: ㉠=0, ㉡=2이므로 ㉠+㉡=2이다.

㉤: ㉢과 ㉣ 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 정상( $X^A$ ,  $X^A Y$ )일 확률은 1이고, 아들일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 ㉢과 ㉣ 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 정상인 아들일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

## 16

2와 7은 A\*의 DNA 상대량이 같지만 표현형이 다르므로 ①은 상염색체 유전임을 알 수 있고, ①과 ②의 대립 유전자는 서로 다른 염색체에 존재하므로 ②는 상염색체 유전이다.



㉠: 1은 BB를 갖고, ②을 발현하지 않으므로 B는 정상 유전자이다. 2는 B\*B를 갖고, ②을 발현하므로 B는 B\*에 대해 열성이다.

㉡: 8의 ①에 대한 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>\*이고, X<sup>A</sup>\*는 어머니인 4로부터 물려받은 것이다.

㉢: 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 (X<sup>A</sup>\*X<sup>A</sup>\*, X<sup>A</sup>\*Y) 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, ㉡이 발현되지 않을(BB) 확률은 1이다. 따라서 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠은 발현되고, ㉡이 발현되지 않을 확률은  $\frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$ 이다.

### 서답형 문제

본문 085쪽

- 01 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조      02 (1) 1 (2) 해설 참조  
03 (1) 해설 참조 (2) ㉠ (3) 해설 참조      04 해설 참조  
05 해설 참조

## 01

유전병 ㉠은 상염색체 열성으로 유전된다. A는 정상 유전자, a는 ㉠ 발현 유전자이다.

(1) **모범답안** 상염색체 유전이다. 자료의 두 번째 문장에 남녀의 발현 비율이 비슷하다고 했으므로, ㉠은 상염색체 유전이다.

채점 기준	배점
상염색체 유전을 선택하고, 그렇게 선택한 까닭을 논리적으로 서술한 경우	100 %
상염색체 유전을 선택하였지만, 그렇게 선택한 까닭의 논리가 부족한 경우	50 %

(2) **모범답안**  $\frac{1}{2}$ 이다. 1의 유전자형은 aa, 2의 유전자형은 Aa, 3의 유전자형은 aa, 4의 유전자형은 Aa이다. 1(aa)과 2(Aa) 사이에서 태어난 아이가 ㉠을 나타낼(aa) 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

채점 기준	배점
확률을 구하고 풀이 과정이 구체적인 경우	100 %
확률은 구했지만 풀이 과정이 구체적이지 않은 경우	50 %

## 02

ABO식 혈액형은 복대립 유전의 예이고, 형질 발현에 대립유전자 I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, i가 관여한다.

(1) 1의 유전자형은 I<sup>A</sup>I<sup>A</sup> 혹은 I<sup>A</sup>i이고, 2의 유전자형은 I<sup>B</sup>i, 3의 유전

자형은 ii, 4의 유전자형은 I<sup>A</sup>I<sup>B</sup>, 5의 유전자형은 I<sup>A</sup>i, 6의 유전자형은 I<sup>B</sup>i이다.

(2) **모범답안**  $\frac{1}{4}$ 이다. 5의 유전자형은 I<sup>A</sup>i, 6의 유전자형은 I<sup>B</sup>i이다. 5와 6의 자녀가 가질 수 있는 유전자형은 I<sup>A</sup>I<sup>B</sup>, I<sup>A</sup>i, I<sup>B</sup>i, ii이므로 O형(ii)일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

채점 기준	배점
확률을 옳게 쓰고, 풀이 과정이 구체적인 경우	100 %
확률을 옳게 썼지만 풀이 과정이 구체적이지 않은 경우	50 %
확률을 옳게 쓰지 못한 경우	0 %

## 03

사람은 단일 인자 유전, 복대립 유전, 다인자 유전의 예에 해당하는 특징을 갖고 있다. 단일 인자 유전은 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되고, 복대립 유전은 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되지만, 대립유전자의 수가 3개 이상이다. 다인자 유전은 한 형질 발현에 여러 쌍의 대립유전자가 관여한다.

(1) **모범답안** ㉠은 단일 인자 유전, ㉡은 다인자 유전자, ㉢은 복대립 유전이다.

채점 기준	배점
㉠~㉢을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉢ 중 1개만 옳게 서술한 경우	30 %

(2) 다인자 유전

(3) **모범답안** 허말기 가능 여부, 이마선 모양, 미맹 여부, 보조개 유무 등

채점 기준	배점
단일 인자 유전의 예 2가지를 옳게 서술한 경우	100 %
단일 인자 유전의 예 1가지를 옳게 서술한 경우	50 %

## 04

### 모범답안

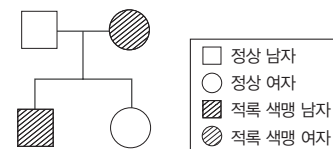
- 한 세대가 길어 유전 현상을 직접 관찰하기 어렵다.
- 한 부모로부터 태어나는 자손의 수가 적어 통계 결과를 신뢰하기 어렵다.
- 형질이 복잡하고 유전자의 수가 많아 결과 분석이 어렵다.
- 임의 교배가 불가능하다.
- 환경의 영향을 많이 받아 형질 발현의 원인을 분석하기 어렵다.

채점 기준	배점
사람의 유전 연구가 어려운 까닭 1가지를 구체적이고 옳게 서술한 경우	100 %
사람의 유전 연구가 어려운 까닭 1가지를 서술하였으나 구체적이지 않은 경우	50 %

## 05

적록 색맹은 성염색체 열성으로 유전된다. 보인자인 여자는 적록 색맹 유전자와 정상 유전자를 모두 갖는다.

### 모범답안





# 14 염색체 이상과 유전자 이상

## 핵심 개념 체크

본문 086~087쪽

- 1 돌연변이      2 결실, 중복, 역위, 전좌  
3 이수성      4 (1) ○ (2) ○  
5 1분열      6 (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊖  
7 (1) × (2) ○      8 낫 모양 적혈구 빈혈증

## 출제 예상 문제

본문 088~091쪽

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

### 01

핵형 분석을 통해 염색체의 수, 모양, 크기 등의 정보를 알 수 있다. (나)는 21번 염색체가 3개로 다운 증후군을 가진 사람의 염색체를, (다)는 성염색체가 X 염색체 1개로 터너 증후군을 가진 사람의 염색체이다.

㉠: (가)에서 XY 염색체가 존재하므로, (가)는 남자의 핵형 분석 결과이다.

㉡: (나)는 다운 증후군을 가진 사람의 염색체이고, 다운 증후군은 남녀 모두에게서 나타날 수 있다.

㉢: (다)는 터너 증후군인 사람의 염색체이다.

### 02

그림은 감수 1분열 과정에서 비분리가 일어났고, 감수 2분열 과정은 정상적으로 진행된 감수 분열 과정을 나타낸 것이다.

㉠: 그림은 감수 1분열에서 일어난 염색체 비분리를 나타낸 것이다. 딸세포 4개 모두에서 염색체 수에 이상이 있으면 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어난 것이고, 딸세포 중 받은 정상, 받은 염색체 수에 이상이 있으면 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어난 것이다.

㉡: X 염색체 수는 A에서 2, B에서 2로 서로 같다.

㉢: 그림은 일부 염색체만을 나타냈고, 나머지 염색체는 정상적으로 감수 분열하였으므로 세포 1개당 DNA 양은 A가 C의 3배가 아니다. A는 C보다 X 염색체 2개에 해당하는 DNA 양을 더 갖는다.

### 03

정자 ㉠~㉣에서 염색체 수의 종류가 3종류( $n+1$ ,  $n$ ,  $n-1$ )이므로 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어났음을 알 수 있다. 만약 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어났다면 염색체 수의 종류는 2종류( $n+1$ ,  $n-1$ )일 것이다. 총 염색체 수가 ㉡ > ㉢ = ㉣ > ㉠이므로 ㉡의 염색체 수는 24, ㉢과 ㉣의 염색체 수는 23, ㉠의 염색체 수는 22이다. 정자 ㉠~㉣ 모두 성염색체는 정상적으로 가지고 있으므로, 염색체 비분리는 상염색체에서 일어났음을 알 수 있다.

㉤: 염색체 비분리가 일어난 시기는 과정 II이다.

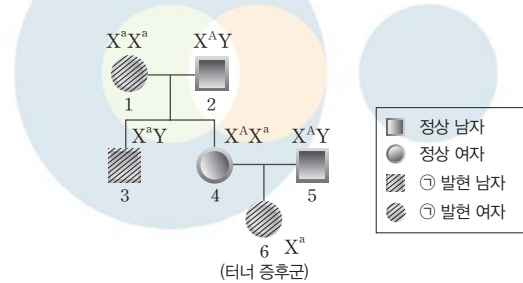
㉥: ㉠은 염색체 수가 22이고, 상염색체에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 것이다. ㉠이 정상 난자와 수정되면 염색체 수가 45인 수정란이 되고, 성염색체는 정상적으로 갖는다. 터너 증후군은 성염색체로 X 염색체 1개만을 갖기 때문에 ㉠과 정상 난자의 수정으로는 터너 증후군인

아이가 태어날 수 없다.

㉦: ㉡은 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 것으로 염색체 수는 24이다.

### 04

정상인 4와 5로부터 ㉠이 발현된 6이 태어났으므로 정상이 우성, ㉠ 발현이 열성이다. 문두에서 ㉡은 성염색체 유전을 따른다고 했고, 정상 유전자를 A, ㉠ 발현 유전자를 a라 하면 가계도 구성원이 가진 유전자형은 그림과 같다.



㉠: 6의 ㉠ 발현 유전자인 a는 4로부터 받았고, 4의 a는 1로부터 받았으므로 6의 ㉠ 발현 유전자(a)는 1로부터 전해졌다.

㉡: 6은 정상 난자(X<sup>a</sup>)와 성염색체가 없는 비정상 정자의 수정에 의해 태어났다.

㉢: G<sub>1</sub>기 체세포 1개당 ㉠ 발현 유전자(a)의 DNA 상대량은 구성원 3과 4에서 서로 같다.

### 05

㉣는 성염색체 중 상대적으로 크기가 작은 Y 염색체이고, 적록 색맹은 X 염색체 열성으로 유전된다.

㉤: ㉣는 Y 염색체로 아버지로부터 물려받은 것이다.

㉥: 적록 색맹은 X 염색체 열성 유전을 따른다. 정상 유전자를 R, 적록 색맹 유전자를 r라 하면, ㉡은 성염색체로 XXY를 갖고 보인자이므로 적록 색맹에 대한 유전자형은 X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>Y이다. ㉡의 어머니와 아버지는 적록 색맹에 대해 정상이므로 어머니의 유전자형은 X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>로 보인자이고, 아버지의 유전자형은 X<sup>R</sup>Y이다.

㉦: ㉡의 동생이 태어날 때, 이 아이가 적록 색맹(X<sup>r</sup>Y)일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

### 06

핵형 분석을 통해 염색체의 수, 모양, 크기 등 염색체의 특성을 알 수 있다.

㉠: ㉠과 ㉡은 3번 염색체를 구성하는 상동 염색체이다.

㉢: 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이의 예로 핵형 분석을 통해서 알 수 없다.

㉤: (나)의 핵형 분석 결과에서 21번 염색체가 3개임을 알 수 있다. 다운 증후군을 나타내는 사람은 21번 염색체가 3개이므로 (나)의 핵형을 가지는 사람은 다운 증후군이 나타난다.

### 07

가족 구성원이 가지는 특징은 표와 같다.

구성원	성별	염색체 수	유전자형
부	남	46	X <sup>A</sup> Y
모	여	46	X <sup>A</sup> *X <sup>A</sup> *
자녀 1	여	47	X <sup>A</sup> X <sup>A</sup> X <sup>A</sup> *
자녀 2	여	46	X <sup>A</sup> X <sup>A</sup> *
자녀 3	남	46	X <sup>A</sup> *Y

㉠: 부와 모에서 A와 A\*의 DNA 상대량 합이 다르므로 A와 A\*는 성염색체에 존재함을 알 수 있다.

㉡: 표의 가족 구성원에서 A가 우성이면 표현형이 A인 사람은 3명이고, A\*가 우성이면 표현형이 A\*인 사람은 4명이다. 자료에서 (가)가 나타난 사람은 3명이라고 했으므로 A가 우성인 (가) 발현 유전자이다. 따라서 A\*는 열성인 정상 유전자이다. 자녀 3의 유전자형이 X<sup>A\*</sup>Y이므로 자녀 3은 정상이다.

㉢: 자녀 1은 아버지로부터 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>를 물려받았고, 어머니로부터 X<sup>A\*</sup>를 물려받았다. 아버지(X<sup>A</sup>Y)로부터 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>를 가진 정자가 형성되기 위해서는 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나야 한다.

## 08

(가)는 정상 세포, (나)는 중복이 일어난 염색체가 있는 세포, (다)는 전좌가 일어난 염색체가 있는 세포, (라)는 결실이 일어난 염색체가 있는 세포이다.

㉠: 정상 세포인 (가)에서 분홍색 염색체와 보라색 염색체는 상동 염색체가 아니므로 (나)에서 A의 대립유전자는 K가 아니다.

㉡: (다)에는 서로 다른 상동 염색체 사이에서 유전자의 일부가 교환된 전좌가 일어난 염색체가 있다.

㉢: (라)에는 분홍색 염색체에서 유전자 E가 결실되었다.

## 09

㉠은 정상 적혈구, ㉡은 낫 모양 적혈구이다. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이의 예이다.

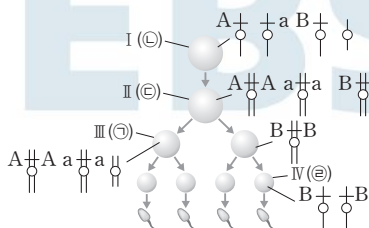
㉢: 산소 운반 능력은 ㉠(정상 적혈구)이 ㉡(낫 모양 적혈구)보다 뛰어나다.

㉣: 혈액 분석은 염색체의 특징을 알아보는 것으로 유전자 돌연변이인 낫 모양 적혈구의 존재 유무를 알 수 없다.

㉤: 낫 모양 적혈구 빈혈증은 상염색체에 존재하는 유전자 돌연변이에 의해 나타나므로 남녀 모두에게서 나타날 수 있다.

## 10

㉠은 A, a, B의 DNA 상대량이 모두 2이므로 II의 세포이다. ㉡, ㉢에서 b가 존재하지 않으므로 ㉠에서도 b가 존재하지 않으며, I은 G<sub>1</sub>기 세포이고, DNA 복제 전이므로 ㉢이다. I(㉢)에서 A와 a의 DNA 상대량 합이 2이므로 A와 a는 상염색체에 존재하고, B와 b는 DNA 상대량 합이 1이므로 B와 b는 성염색체에 존재한다. III은 상염색체 비분리에 의해 형성된 것으로 염색체 수가 1 혹은 3이다. ㉣은 A와 a의 DNA 상대량이 모두 2이므로 상염색체 비분리에 의해 형성된 것이고, 염색체 수가 정상보다 1개 더 많다. 따라서 III은 ㉠이고, 나머지 ㉢은 IV이다.



㉠: ㉠은 III, ㉡은 I, ㉢은 II, ㉣은 IV이다.

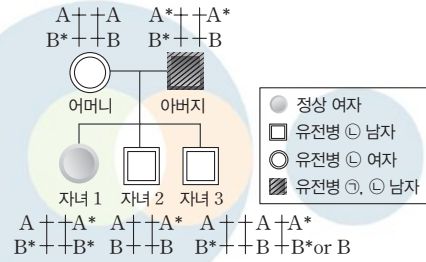
㉤: ㉠+㉡+㉢=3+4+2=9이다.

㉥: ㉢은 IV로 상염색체 비분리가 일어나 상염색체를 2개 갖는다.

## 11

아버지는 A\*A\*이면서 ㉠이 발현되었으므로 A\*는 ㉠ 발현 유전자

고, 자녀 1은 AA\*를 갖고, ㉠이 발현되지 않았으므로 A는 우성인 정상 유전자, A\*는 열성인 ㉠ 발현 유전자임을 알 수 있다. 표에서 자녀 2는 BB를 가지면서 ㉡이 발현되었으므로 B는 ㉡ 발현 유전자임을 알 수 있다. 아버지는 BB\*를 가지면서 ㉡이 발현되었으므로 B는 우성인 ㉡ 발현 유전자, B\*는 열성인 정상 유전자이다. 자료의 표를 가계도로 나타내면 다음과 같다.



㉠: ㉠에 대한 유전자형으로 어머니는 AA, 아버지는 A\*A\*이므로 자녀 3의 체세포 1개에는 A\*가 1개 존재한다. 따라서 ㉢은 1이다.

㉡: 어머니는 A와 B가 함께 존재하는 염색체와 A와 B\*가 함께 존재하는 염색체를 갖는다.

㉢: A는 우성인 정상 유전자, A\*는 열성인 ㉠ 발현 유전자이다.

## 12

㉠은 유전자 돌연변이의 예이고, 상염색체 우성으로 유전된다.

㉡: 남자와 여자에서 ㉠의 발병 빈도가 같으므로 ㉠ 발현 유전자는 상염색체에 존재한다.

㉢: ㉠을 가진 사람의 핵형은 정상이므로 체세포 1개당 염색체 수는 46이다.

㉣: ㉠ 발현 유전자는 정상 유전자에 대해 우성이므로 ㉠ 발현 유전자를 가진 사람은 모두 ㉠이 나타난다.

## 13

페닐케톤뇨증은 상염색체 열성으로 유전된다.

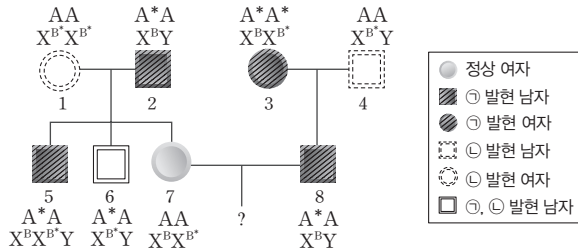
㉠: 페닐케톤뇨증은 유전자 돌연변이의 예이고, 유전자 돌연변이는 핵형 분석을 통해 알 수 없다.

㉡: 페닐케톤뇨증은 음식물을 통해 섭취한 페닐알라닌이 페닐피루브산으로 전환된 후 축적되어 발병할 수 있으므로 페닐알라닌이 적게 포함된 음식물을 섭취하면 페닐피루브산이 덜 축적되고 페닐케톤뇨증 증상이 완화될 수 있다.

㉢: 정상인 1과 2로부터 정상인 4가 태어났고, 4의 유전자형이 Aa일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다. 4(Aa)와 5(aa) 사이에서 태어난 아이가 페닐케톤뇨증일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로, 4와 5의 자녀가 페닐케톤뇨증을 가질 확률은  $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$ 이다.

## 14

1은 ㉠에 대해 정상이고 유전자형으로 AA를 갖는다. 따라서 A는 정상 유전자이고, ㉠이 성염색체 유전이라면 5와 6은 모두 X<sup>A</sup>Y이고, 정상이어야 한다. 그러나 5와 6은 ㉠을 나타내므로 ㉠은 성염색체 유전이 아니고, 상염색체 유전이다. 자료의 표에서 3과 4는 B\*의 DNA 상대량이 1로 같지만 ㉡에 대한 표현형이 다르므로 ㉡은 성염색체 유전임을 알 수 있다. 자료를 종합하면 A는 열성인 정상 유전자, A\*는 우성인 ㉠ 발현 유전자, B는 우성인 정상 유전자, B\*는 열성인 ㉡ 발현 유전자이고, 가족 구성원의 유전자형은 다음과 같다.



- ✕ : A와 A\*는 상염색체에 존재하고, B와 B\*는 성염색체에 존재한다.  
 ㉠ : 5가 가진 X<sup>B</sup>Y는 정자로부터 받은 것이고, 정자가 X<sup>B</sup>Y를 갖기 위해서는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나야 한다.  
 ㉡ : 7과 8 사이에서 태어난 자녀가 ㉠이 발현될(A\*) 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, ㉠이 발현되지 않을(X<sup>B</sup>X<sup>B</sup>, X<sup>B</sup>Y, X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>) 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다. 따라서 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현되고, ㉠이 발현되지 않을 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

## 서답형 문제

본문 092쪽

- 01 (1) 감수 2분열 (2) 해설 참조 (3) 터너 증후군  
 02 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 03 결실  
 04 (1) X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> (2) ㉠은 24, ㉡은 23 (3) 해설 참조  
 05 (1) (가) 다운 증후군 (나) 클라인펠터 증후군 (다) 터너 증후군  
 (2) (가) (3) 해설 참조

## 01

그림의 자료는 감수 2분열 과정에서 X 염색체 비분리가 일어난 과정을 나타낸 것이다.

- (1) 정자 ㉠~㉣ 중 2개의 정자는 정상이고, 2개의 정자는 염색체 수에 이상이 있으므로 감수 2분열 과정에서 염색체 비분리가 일어났다.  
 (2) **모범답안** 성염색체로 ㉠과 ㉡은 Y 염색체 1개를 갖고, ㉢은 성염색체를 갖지 않으며, ㉣은 X 염색체 2개를 갖는다.

채점 기준	배점
㉠~㉣의 성염색체 구성을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉣의 성염색체 구성 중 3개만 옳게 서술한 경우	50 %

- (3) ㉢은 성염색체를 갖지 않는 정자이며, 정상 남자는 X 염색체를 가지므로 ㉢과 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 성염색체로 X 염색체 1개만을 갖고, 터너 증후군을 나타낸다.

## 02

핵형 분석은 염색체의 특성을 알아보는 분석이다.

- (1) **모범답안** 염색체의 수, 모양, 크기, 종류 등을 알 수 있다.

채점 기준	배점
염색체의 수, 모양, 크기, 종류 등으로 다양하게 서술한 경우	100 %
염색체의 수, 모양, 크기, 종류 중에서 1가지만 서술한 경우	50 %

- (2) **모범답안** 21번 염색체가 3개이므로 다운 증후군을 나타낼 것이다.

채점 기준	배점
다운 증후군을 언급하고, 그 근거로 21번 염색체가 3개라는 사실을 구체적으로 언급한 경우	100 %
다운 증후군을 언급했으나 그 근거가 구체적이지 못한 경우	50 %

## 03

염색체 구조 이상 돌연변이에는 결실, 중복, 역위, 전좌가 있다. 그림에서 정자 ㉠의 염색체에는 CDE 유전자가 결실되었으므로 ㉠의 형성 과정에서 일어난 염색체 구조 이상 돌연변이의 종류는 결실이다.

## 04

- (1) 2는 정상이지만 적록 색맹 유전자를 가진 보인자이다.  
 (2) 정자 ㉠은 X<sup>r</sup>Y를 가지고, 난자 ㉡은 X<sup>r</sup>를 가진다. 따라서 ㉠이 가진 염색체의 수는 24이고, ㉡이 가진 염색체의 수는 23이다.  
 (3) **모범답안** 감수 1분열 과정에서 성염색체 비분리가 일어나 성염색체로 XY를 가진 정자 ㉠이 생성되었다.

채점 기준	배점
감수 1분열 과정에서 성염색체 비분리가 일어나 성염색체 XY를 갖는다는 사실을 구체적으로 서술한 경우	100 %
감수 분열 중 어느 단계에서 성염색체 비분리가 일어났는지 구체적으로 서술하지 못한 경우	50 %

## 05

염색체 돌연변이 중 이수성 돌연변이는 정상에 비해 염색체를 1~2개 적거나 많이 가진다. 이수성 돌연변이의 예로는 다운 증후군((가)), 클라인펠터 증후군((나)), 터너 증후군((다)) 등이 있다. P는 (다)를 가지므로 성염색체가 X 염색체 1개이다. P의 어머니는 적록 색맹이므로 X<sup>r</sup>X<sup>r</sup>를 갖고, P의 아버지는 정상이므로 X<sup>R</sup>Y를 갖는다. P는 X<sup>r</sup>를 가지므로 P의 X 염색체는 어머니로부터 물려받은 것이다.

- (2) (가)는 상염색체 중 21번 염색체를 3개 가진 다운 증후군으로, 성염색체로 XY를 가진 남자나, XX를 가진 여자 모두에게서 나타날 수 있다.

- (3) **모범답안** 정자 ㉠은 성염색체가 없고, 난자 ㉡은 적록 색맹 유전자를 가진 X 염색체를 갖는다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡의 성염색체 구성을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡ 중 하나의 성염색체 구성만 옳게 서술한 경우	50 %

본문 093~098쪽

## 대단원 종합 문제 IV. 유전

- 01 ⑤      02 ④      03 ②      04 ④      05 ③  
 06 ②      07 ③      08 ②      09 ③      10 ⑤  
 11 ③      12 ⑤      13 ②      14 ①      15 ①  
 고난도 문제  
 16 ④      17 ③      18 ⑤      19 ⑤      20 ①  
 21 ⑤

## 01

(가)는 DNA의 기본 단위인 뉴클레오타이드, (나)는 성염색체 한 쌍, (다)는 DNA이다.

㉠ : DNA를 구성하는 뉴클레오타이드는 당(디옥시리보스), 인산, 염기(A, T, G, C)로 구성된다. ㉠은 뉴클레오타이드를 구성하는 당인 디옥시리보스이다.

㉡ : R와 r는 크기와 모양이 같은 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 대립유전자이다.



㉔ : (가)(뉴클레오타이드)는 (다)(DNA)의 기본 단위이다.

## 02

그림 (가)~(다)에서 검은색 염색체는 상염색체이고, 파란색 염색체는 상염색체임을 알 수 있다. H와 h는 상염색체인 X 염색체에 존재하고, R와 r는 상염색체에 존재한다. I~III 중 I만 ㉔이 발현되지 않았으므로 I은 ㉔에 대한 유전자형으로 rr를 갖고, (가)~(다)에서 rr를 가질 수 있는 세포는 (가)이다. 따라서 (가)는 I의 세포이다. 표에서 II는 ㉔과 ㉔이 모두 발현되었으므로 유전자 H와 R를 모두 갖고, 그림에서 (다)가 H와 R를 모두 가지므로 (다)는 II의 세포이다. 나머지 (나)는 III의 세포이다.

㉔ : 한 염색체를 구성하는 염색 분체의 유전자 구성은 동일하므로 ㉔은 r이다.

㉔ : (가)는 I의 세포이다.

㉔ : I의 유전자형은  $X^H Y$ , rr를, II의 유전자형은  $X^H X^h$ , Rr를, III의 유전자형은  $X^h Y$ , Rr를 갖는다. I과 II가 교배하여 자손( $F_1$ )이 태어날 때 이 자손( $F_1$ )에게서 ㉔이 발현될( $X^H$ ) 확률은  $\frac{3}{4}$ 이고, ㉔이 발현될( $R$ ) 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 ㉔과 ㉔이 모두 발현될 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ 이다.

## 03

DNA는 히스톤 단백질질을 감아 뉴클레오솜을 구성한다. 뉴클레오솜은 염색사를 구성하며, 염색사는 응축하여 염색체를 형성하고, 염색체는 세포 주기 중 분열기에 관찰된다.

㉔ : I은 염색체를 구성하는 두 개의 염색 분체이다. 2가 염색체는 상동 염색체의 접합에 의해 형성되는 것으로 감수 분열 중 관찰된다.

㉔ : 염색체를 구성하는 염색 분체의 유전 정보는 동일하므로 ㉔은 B이다.

㉔ : ㉔은 DNA와 히스톤 단백질로 구성된 뉴클레오솜이고, ㉔은 DNA이다. DNA의 기본 단위는 뉴클레오타이드이므로 ㉔과 ㉔에는 모두 뉴클레오타이드가 존재한다.

## 04

(가)는 수컷 A의 세포이고, (나)는 암컷 B의 세포이다. (라)는 수컷 A가 감수 분열하여 생성된 세포이고, (마)는 (가), (나)의 염색체 모양과 다른 염색체를 가지므로 C의 세포이다. (다)는 암컷 B의 감수 분열 중 생성된 세포이다.

㉔ : (라)는 수컷 A의 세포이다.

㉔ : (가)와 (라)는 수컷 A의 세포이고, (나)와 (다)는 암컷 B의 세포이다. A와 B는 상염색체의 크기와 모양이 같으므로 같은 종이고, (마)는 C의 세포이다. 문두에서 A~C는 2가지 종으로 구분된다고 하였으므로 (가)~(라)는 같은 종의 세포이고, (마)는 다른 종의 세포이다.

㉔ : (나)는 DNA 복제 전 B의 세포이고, (다)는 DNA 복제 후 상동 염색체가 분리된 세포로 세포 1개당 DNA양은 (나)와 (다)가 같다.

## 05

체세포 분열 과정에서 세포의 핵상은  $2n$ 에서  $2n$ 으로 변화가 없지만, 감수 분열 과정에서 세포의 핵상은  $2n$ 에서  $n$ 으로 감소한다. A는 딸세포이고, 핵상이  $2n$ 이므로 (가)는 체세포 분열 과정이고, (나)는 감수 분열 중 일부이다. (나)의 모세포는 핵상이  $2n$ 이므로 (나)는 감수 1분열 과정의 일부이다.

㉔ : (가)는 체세포 분열 과정으로 분열기 중 후기에 염색 분체가 분리된다.

㉔ : (나)는 감수 1분열 과정이다.

㉔ : A와 B는 체세포 분열 후 생성된 딸세포로 DNA 상대량이 모두 4이다. 따라서 ㉔은 4이다. D는 감수 1분열 과정에서 생성된 딸세포로 핵

상이  $n$ 이다. DNA 상대량은 C가 D의 2배이므로 ㉔은 8이다. 따라서  $㉔ + ㉔ = 4 + 8 = 12$ 이다.

## 06

(가)는 체세포 분열 과정 중 핵 1개당 DNA 상대량 변화이고, (나)에서 ㉔은 S기, ㉔은  $G_2$ 기, ㉔은 M기이다.

㉔ : ㉔(M기) 시기 세포는 분열기 세포로, 간기인 구간 A에 속하지 않는다. 구간 A에는 DNA가 복제되는 ㉔(S기) 시기 세포가 속한다.

㉔ : 체세포 분열 과정에서는 2가 염색체가 관찰되지 않으므로 구간 B에서 2가 염색체는 관찰되지 않는다.

㉔ : 구간 A에서와 같은 DNA 상대량 변화는 세포의 DNA가 복제될 때 나타나므로 세포 주기 중 ㉔(S기) 시기의 세포에서 나타난다.

## 07

상동 염색체 사이의 거리가 존재하지 않는  $t_1$ 은 감수 1분열 중기 시기이고, 상동 염색체 사이의 거리가 증가하고 있는  $t_2$ 와  $t_3$ 은 감수 1분열 후기 시기이다.

㉔ : (나)는 감수 1분열 후기의 세포로  $t_2$ 에서 관찰된 세포이고, (다)는 감수 1분열 중기의 세포로  $t_1$ 에서 관찰된 세포이다.

㉔ : ㉔은 상동 염색체와 연결된 방추사로 감수 분열이 진행될수록 짧아진다. 따라서 ㉔의 길이는  $t_2$ 에서보다  $t_3$ 에서 짧다.

㉔ : (나)는 감수 1분열 후기의 세포, (다)는 감수 1분열 중기의 세포로 모두 감수 1분열 과정의 세포이다.

## 08

P에서 ㉔을 결정하는 유전자는 한 염색체에 존재하고, ㉔을 결정하는 유전자는 서로 다른 상염색체에 존재한다.

㉔ : 복대립 유전은 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되지만, 대립유전자가 3개 이상인 유전이다. ㉔은 2쌍의 대립유전자에 의해 발현 여부가 결정되므로 복대립 유전이 아니다.

㉔ : ㉔의 유전자형이 aabb인 개체에서 형성된 생식세포가 가질 수 있는 유전자형은 ab로 1가지이다. P는 A와 b가 같은 염색체에 있고, a와 B가 같은 염색체에 있으므로 P에서 형성된 생식세포가 가질 수 있는 유전자형은 Ab, aB이다. 따라서 ㉔의 유전자형이 aabb인 개체와 P 사이에서 자손이 태어날 때, 이 자손에게서 나타날 수 있는 ㉔에 대한 유전자형은 Aabb와 aaBb이며, 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 1이므로 표현형은 1가지이다.

㉔ : 유전자형으로 EeFfGg인 개체에서 생식세포가 형성될 때, 이 생식세포가 E를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ , f를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ , G를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 E, f, G를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

## 09

물질 ㉔은  $G_1$ 기에서 S기로의 진행을 억제하므로 배양 중인 조직 X에 ㉔을 처리하면  $G_1$ 기의 세포는 증가하고, S기의 세포는 감소한다. 따라서 ㉔은  $G_1$ 기이다. 물질 ㉔은 방추사 분해를 억제하므로 세포 분열 중기에서 후기로의 진행을 억제한다. ㉔을 처리하면 M기의 세포가 증가한다. 따라서 ㉔은 M기이다. ㉔이 M기, ㉔이  $G_1$ 기이므로, ㉔은 S기, ㉔은  $G_2$ 기이다.

㉔ : 세포 주기는 시계 방향인 I 방향으로 진행된다.

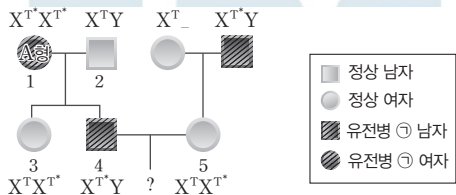
㉔ : DNA 복제가 일어나는 시기는 S기인 ㉔이다.

㉔ : 세포 주기 중 각 시기가 차지하는 비율은 세포 주기가 진행된 시간과 비례한다. 분열기(㉔, M기)가  $G_1$ 기(㉔)보다 세포 주기가 짧으므로

②와 ⑥를 처리하지 않고 X를 배양할 때 분열기의 세포가 G<sub>1</sub>기의 세포보다 적다.

10

ABO식 혈액형은 상염색체 유전 중 복대립 유전의 예이다. 구성원 1과 구성원 2에서 T와 T\*의 DNA 상대량 합이 2와 1로 서로 다르므로 T와 T\*는 상염색체에 있고, ①은 상염색체 유전을 따른다. 2는 T를 가지고 정상이므로 T는 정상 유전자이고, 3은 TT\*를 가지고 정상이므로 T는 T\*에 대해 우성이다.



- ①: T(정상 유전자)는 T\*(① 발현 유전자)에 대해 우성이다.
- ②: 체세포 1개당 T의 양은 3(X<sup>T</sup>X<sup>T\*</sup>)과 5(X<sup>T</sup>X<sup>T\*</sup>)가 같다.
- ③: 1~4의 ABO식 혈액형이 각각 다르므로, 1~4는 각각 A형, B형, AB형, O형 중 하나이다. 4는 I<sup>A</sup> 유전자를 가지므로 AB형이고, 2는 B형, 3은 O형이다. 3과 5의 ABO식 혈액형의 유전자형이 같다고 했으므로 5도 O형이다. 4(AB형, I<sup>A</sup>I<sup>B</sup>)와 5(O형, ii) 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 B형(I<sup>B</sup>i)일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, ①이 발현된 아들(X<sup>T\*</sup>Y)일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 4와 5 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 B형이면서 ①이 발현된 아들일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

11

표에서 1과 2의 A와 A\*의 DNA 상대량 합이 모두 2로 같으므로 A와 A\*는 상염색체에 존재한다. 표의 2를 통해 A\*는 유전병 ① 발현 유전자임을 알 수 있고, 표의 1을 통해 A는 정상 유전자이고, A\*에 대해 우성임을 알 수 있다.

- ①: A는 A\*에 대해 우성이다.
- ②: 1의 유전자형은 AA\*, 2의 유전자형은 A\*A\*, 3의 유전자형은 AA\*, 4의 유전자형은 AA\*이다. a=b=c=1이므로 a+b+c=3이다.
- ③: 구성원 1은 X 염색체가 아닌 상염색체에 A가 존재한다.

12

①의 발현 여부는 유전자형과 성별에 따라 다르게 나타난다. AA\*를 가진 남자는 ①이 발현되지만, 여자는 ①이 발현되지 않는다.

- ④: ①이 발현된 여자의 유전자형은 AA이다. ①이 발현된 여자가 낳은 자녀는 A를 갖는데, 유전자형이 AA\*인 남자는 ①이 발현되지만, 여자는 ①이 발현되지 않으므로 ①을 가진 여자가 낳은 자녀 모두 ①이 발현되는 것은 아니다.
- ⑤: ①이 발현되지 않은 남자의 유전자형은 A\*A\*이고, ①이 발현된 여자의 유전자형은 AA이다. 이들 사이에서 태어난 자녀의 유전자형은 AA\*로 모두 동일하다.
- ⑥: 유전자형으로 AA\*를 가진 부모 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 유전자형의 종류와 비는 AA : AA\* : A\*A\*=1 : 2 : 1이다. 이때 태어난 아이가 ① 발현 남자일 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ 이고, ① 발현 여자일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 유전자형으로 AA\*를 가진 부모

사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 ① 발현 남자일 확률( $\frac{3}{8}$ )은 ① 발현 여자일 확률( $\frac{1}{8}$ )의 3배이다.

13

모와 자녀 1에서 A\*의 DNA 상대량은 1로 동일하지만 ①에 대한 표현형이 다르므로 A와 A\*는 상염색체에 존재한다. 모는 AA\*를 갖고 정상이며, 자녀 1은 A\*Y를 갖고 ①을 발현하므로 A는 정상(우성) 유전자, A\*는 ① 발현(열성) 유전자이다. 부에서 B의 DNA 상대량이 2이므로 B와 B\*는 상염색체에 존재한다. 자녀 2는 BB를 갖고 정상이며, 모는 BB\*를 갖고 ②를 발현하므로 B\*는 ② 발현(우성) 유전자이고, B는 정상(열성) 유전자이다.

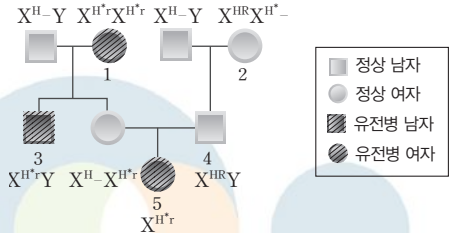
구성원	성별	유전 형질		유전자
		①	②	
부	남자	×	×	X <sup>A</sup> Y, BB
모	여자	×	○	X <sup>A</sup> X <sup>A*</sup> , B*B
자녀 1	남자	○	○	X <sup>A*</sup> Y, B*B
자녀 2	여자	×	×	X <sup>A</sup> X <sup>A</sup> , BB
자녀 3	남자	○	×	X <sup>A*</sup> X <sup>A*</sup> Y, BB

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

- ④: ①의 유전자는 상염색체에 있고, ②의 유전자는 상염색체에 있다.
- ⑤: B는 열성인 정상 유전자이고, B\*는 우성인 ② 발현 유전자이다. B는 B\*에 대해 열성이다.
- ⑥: 자녀 3(X<sup>A\*</sup>X<sup>A\*</sup>Y)은 정상 정자(Y)와 감수 2분열에서 상염색체 비분리가 일어나 형성된 X<sup>A\*</sup>X<sup>A\*</sup> 염색체를 갖는 난자 ③의 수정에 의해 태어났다.

14

2와 3은 모두 H\*의 수가 1이지만, 표현형이 다르므로 H와 H\*는 상염색체에 있다. 3을 통해 H\*는 유전병 유전자임을 알 수 있고, 2를 통해 H는 우성인 정상 유전자, H\*는 열성인 유전병 유전자임을 알 수 있다. 적록 색맹은 상염색체 열성으로 유전된다. 적록 색맹에 대해 정상 유전자를 R, 적록 색맹 유전자를 r라 하면, 가계도 구성원이 가진 유전자형은 다음과 같다.



- ①: a는 2이고, b는 0이므로 a+b=2+0=2이다.
- ②: 정상 생식세포인 ①은 난자로 X<sup>H\*</sup>를 갖고, 염색체 수에 이상이 있는 생식세포인 ②는 정자로 상염색체를 갖지 않는다.
- ③: 1과 4는 모두 H\*와 적록 색맹에 대한 정상 유전자(R)가 함께 존재하는 염색체를 갖지 않는다.

15

(가)에서는 상염색체 비분리가 일어났고, 상염색체는 정상적으로 분리되었으므로 ①과 ②가 가진 X 염색체 수는 1이고, ①과 ②는 각각 ③과 ④ 중 하나이다. ③과 ④의 핵상이 다르므로 감수 2분열에서 상염색체 비분리가 일어났음을 알 수 있다. 제시문에서 체세포 1개당 DNA 상대량은

⑥가 ③보다 많다고 했으므로 ①은 ⑥이고, ④은 ③이다. (나)에서 성염색체 비분리가 일어났고, 상염색체는 정상적으로 분리되었으며, ③과 ⑥은 각각 ③과 ④ 중 하나이다. (나)의 감수 1분열 과정에서 성염색체 비분리가 일어났다면, ③과 ⑥ 중 하나는 핵상이  $n-1$ 이어야 하지만, 표에서 핵상이  $n-1$ 인 세포는 없으므로 (나)는 감수 2분열에서 성염색체 비분리가 일어났고, ④은 ④이며, ⑥은 ③이다.

㉠ : ③은 ③, ⑥은 ①, ④는 ④, ④는 ③이다.

㉡ : (가)와 (나) 모두 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어났다.

㉢ : 상염색체 수는 ④(③)에서  $\frac{22}{1}=22$ 이고, ③(⑥)에서  $\frac{22}{2}=11$ 이다.

## 16

①과 ②, ③과 ④이 각각의 상동 염색체이고, (가)의 핵상은  $2n$ , (나)~(라)의 핵상은  $n$ 이다. ③과 ④은 성염색체이다.

㉠ : (가)는 6개의 염색체를 모두 가지므로 핵상이  $2n$ 이고, (나)~(라)는 3개의 염색체를 가지므로 핵상이  $n$ 이다. 감수 분열은 정상적으로 이루어졌으므로 (나)를 통해 ①의 상동 염색체는 ③과 ④이 아니며, (다)를 통해 ①의 상동 염색체는 ③과 ④이 아님을 알 수 있다. 따라서 ①의 상동 염색체는 ②이다.

㉡ : (다)를 통해 ②의 상동 염색체는 ⑤이 아님을 알 수 있고, (라)를 통해 ②의 상동 염색체는 ④이 아님을 알 수 있다. 따라서 ③과 ④은 성염색체이고, ②이 Y 염색체이므로 ②은 X 염색체이다.

㉢ : (나)와 (라)의 핵상은 모두  $n$ 으로 서로 같다.

## 17

(가)에서 2가 염색체가 관찰되므로 ①의 세포 분열 과정은 감수 분열 과정이다.

㉠ : ①은 DNA 복제 전의 세포이므로 핵 1개당 DNA 상대량은 2이다. ②은 세포질 분열이 1회 일어난 후 형성된 세포이며, 상동 염색체 중 1개씩만 존재하므로 DNA 상대량이 2이다. (가)는 ①의 세포이고, 핵 1개당 DNA 상대량은 4이다.

㉡ : ②은 감수 1분열에 의해 형성된 딸세포이고, (나)의  $t_1$  시기에 ②의 세포가 존재하므로 (나)는 감수 1분열 과정에서의 DNA 양 변화이다.

㉢ : (가)는 2가 염색체가 존재하는 감수 1분열 중기의 세포이다. (가)는 DNA 복제 후와 세포질 분열이 일어나기 전에 형성된다. 따라서 (가)는 ①의 세포이다. ①에 존재하는 염색체 수는 4, 염색 분체 수는 8이므로

$$\frac{\text{염색체 수}}{\text{염색 분체 수}} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

## 18

핵형 분석은 염색체의 수, 모양, 크기 등을 분석하는 것으로 염색체의 특성을 알 수 있다.

㉠ : ①은 세포 분열을 촉진하는 물질이고, ②은 세포 분열을 억제하는 물질이다. 핵형 분석은 ②을 처리한 이후에 염색체가 존재하는 분열기의 세포를 이용한다.

㉡ : 이 사람은 핵형 분석 결과 성염색체로 X 염색체 1개만을 가지고 있음을 알 수 있고, 이는 터너 증후군을 가진 사람의 핵형과 같다.

㉢ : ③과 ④은 크기와 모양이 같은 상동 염색체로, 각각 부모로부터 1개씩 물려받았다.

## 19

자녀 2에서 T와 t의 DNA 상대량 합이 1이므로 T와 t는 성염색체에 있고, 자녀 2는 남자이다. 아버지에서 H와 h의 DNA 상대량 합이 2이므로 H와 h는 상염색체에 있다.

구성원	성별	유전자			
		H	h	T	t
아버지	남자	2	0	1	0(④)
어머니	여자	0	2(③)	1	1
자녀 1	여자	1(③)	1	2	0
자녀 2	남자	1	1(④)	0	1
자녀 3	여자	1	1	1	1

㉠ : ③+④+③+④=0+2+1+1=4이다.

㉡ : 자녀 2는 성염색체로 XY를 갖는 남자이다.

㉢ : 자녀 3은 여자이고, 아버지로부터  $X^T$ 를, 어머니로부터  $X^t$ 를 물려받았다.

## 20

이 동물의 피부색을 결정하는 3쌍의 대립유전자를 A와 a, B와 b, D와 d라고 하자. 자료의 6번째 문장에서 (다)에서 생성된 생식세포가 가질 수 있는 유전자형의 종류는 최대 8가지라고 했으므로 (다)의 유전자형은 AaBbDd이다. 자료의 5번째 문장에서 (가)와 (나) 사이에서 태어난 자손의 유전자형은 1가지이고, 표현형은 (다)와 같다고 했으므로 이 자손의 유전자형은 (다)와 같은 AaBbDd이고, (가)와 (나)는 각각 AABBDd와 aabbdd 중 하나이다. 즉, ③과 ④은 6과 0 중 하나이고,

⑤은 3이다. 자료의 7번째 문장에서  $\frac{③}{③+④}=2$ 라고 했으므로 ③은 6, ④은 0, ⑤은 3이다. 따라서 (가)는 AABBDd, (나)는 aabbdd, (다)는 AaBbDd이다.

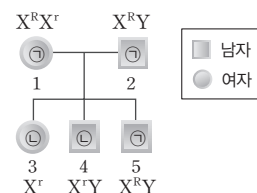
㉠ : ③+④+⑤=6+0+3=9이다.

㉡ : (나)(aabbdd)와 (다)(AaBbDd) 사이에서 태어난 자손이 나타낼 수 있는 피부색은 최대 4가지(대문자 유전자의 수가 각각 3개, 2개, 1개, 0개)이다.

㉢ : (다)(AaBbDd)와 같은 유전자형을 가진 부모 사이에서 태어난 자손의 피부색이 (가)(AABBDd)와 같기 위해서는 생식세포의 유전자형이 ABD인 두 생식세포가 수정되어야 한다. 부모에서 생식세포가 형성될 때, 생식세포의 유전자형이 ABD일 확률은 각각  $\frac{1}{8}$ 이고, 두 생식세포의 수정에 의해 AABBDd가 생성될 확률은  $\frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{64}$ 이다.

## 21

1과 2의 표현형은 ㉠이고, 3, 4의 표현형은 ㉡이므로 ㉠이 우성, ㉡이 열성 형질이다. 우성 대립유전자는 R, 열성 대립유전자는 r이고, 아버지와 어머니 중 한 사람은 한 가지 대립유전자만 가지므로 1과 2 중 한 사람은 한 가지 대립유전자인 R만 갖는다. 만약 1의 유전자형이 RR이면 3과 4 모두 (가)를 나타내기(rr) 위해서는 비분리가 최소 2회 일어나야 한다. 따라서 아버지의 유전자형은  $X^R Y$ , 어머니는  $X^R X^r$ 이고, (가)는 성염색체 유전을 따른다. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 유전자형은  $X^R X^R$ ,  $X^R X^r$ ,  $X^R Y$ ,  $X^r Y$  이고, 정상일 확률이  $\frac{3}{4}$ 이므로 R는 우성인 정상 유전자, r는 열성인 (가) 유전자이다.





✕ : 3은 성염색체를 갖지 않는 정자 ④와 X<sup>r</sup> 염색체를 갖는 난자 ⑥의 수정에 의해 태어났다.

㉠ : ①은 '정상'이고, ②은 '유전병 (가)'이다.

㉡ : 체세포 1개당 R의 DNA 상대량은 1(X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>), 2(X<sup>R</sup>Y), 5(X<sup>R</sup>Y)에서 서로 같다.

## V. 생태계와 상호 작용

### 15 생태계의 구성 및 개체군

#### 핵심 개념 체크

본문 099쪽

- 1 생산자, 소비자, 분해자      2 텃새, 가족생활  
3 온도      4 (1) × (2) × (3) ○

#### 출제 예상 문제

본문 100~101쪽

- 01 ④      02 ②      03 ③      04 ⑤      05 ①  
06 ①      07 ④      08 ③      09 ⑤

#### 01

①은 생물적 요인이 비생물적 요인에 영향을 주는 반작용이다.

㉠ : 하나의 개체군은 동일한 종으로 구성되므로 개체군 A는 동일한 종으로 구성된다.

✕ : 생물적 요인에 속하는 개체군 C가 비생물적 요인인 토양에 영향을 주는 것은 반작용(㉡)에 해당한다.

㉡ : 생산자인 식물(생물적 요인)이 광합성을 통해 산소를 방출하여 공기 중의 산소 농도(비생물적 요인)를 변화시키는 것은 반작용(㉠)에 해당한다.

#### 02

개체군 (가)는 계절적 요인(비생물적 요인)의 변화에 따라 개체군의 크기가 변하는 단기적 변동을 나타낸다. (가)는 영양 염류가 풍부하고 빛의 세기와 온도가 증가하는 조건에서 개체 수가 증가하고, 영양 염류가 부족해지면 개체 수가 감소하는 등의 주기적 변동이 일어난다.

✕ : (가)는 구간 I에서 개체 수가 급격하게 증가하지만, 생활 공간과 먹이 등에 제한이 있어 환경 저항을 받는다.

✕ : 구간 II에서 빛의 세기와 온도 조건은 충족되지만 영양 염류가 부족하여 (가)의 개체 수가 감소한 것이므로 작용의 예에 해당한다.

㉡ : 개체군의 밀도 =  $\frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}}{\text{개체군이 생활하는 공간의 면적}}$ 이다. (가)의 생활

공간 면적이 동일하므로 개체군 밀도는 개체 수가 적은  $t_1$ 에서가 개체 수가 많은  $t_2$ 에서보다 작다.

#### 03

③은 J자형의 이론적 성장 곡선, ⑥은 S자형의 실제 성장 곡선이다.

㉠ : ③은 먹이, 생활 공간 등의 제약이 없어 개체 수가 기하급수적으로 증가하는 이론적 성장 곡선이다.

㉡ : C는 일정 공간 내에서 개체군의 크기가 더 이상 증가하지 않는 개체군의 최대 개체 수에 해당하는 환경 수용력이다.

✕ : ④에서  $t_1$ 은 개체 수가 증가하고 있는 시점이므로  $\frac{\text{출생률}}{\text{사망률}}$ 은 1보다

크고, ⑥에서  $t_2$ 는 개체 수가 일정해진 시점이므로  $\frac{\text{출생률}}{\text{사망률}}$ 은 1이다.

#### 04

✕ : 사자는 새끼가 독립할 때까지 가족이 함께 생활하므로 가족생활에 해당한다.

㉠ : 리더제는 한 개체가 리더가 되어 무리를 이끌며, 나머지 개체들 사이에 순위가 없는 개체군 내 상호 작용이다.

㉡ : 텃새는 자신의 생활 공간에 다른 개체의 침입을 막아 개체를 분산시켜 주는 효과가 있다.

#### 05

(가) : 호랑이가 자신의 생활 공간에 다른 호랑이 개체의 침입을 적극적으로 막는 것은 텃새의 예에 해당한다.

(나) : 닭이 모이를 먹을 때, 순서대로 모이를 먹는 것은 순위제의 예에 해당한다.

#### 06

(가)에서 ①은 반작용, ②은 상호 작용, ③은 작용이다. (나)의 생존 곡선 중 I형에는 사람, 대형 포유류, II형에는 다람쥐, 히드라, III형에는 굴, 어류 등이 있다.

✕ : 구간 I에서 사망률은 III형이 I형보다 높으므로, 개체군 B의 사망률이 개체군 A의 사망률보다 높다.

㉠ : 사람(생물적 요인)의 활동 증가로 지구 평균 기온(비생물적 요인)이 상승한 것은 반작용(㉡)의 예에 해당한다.

✕ : 어류(생물적 요인)가 집단으로 죽어 물속 산소의 양(비생물적 요인)이 줄어드는 것은 생물적 요인이 비생물적 요인에게 영향을 주는 것이므로 반작용(㉠)의 예에 해당한다.

#### 07

빛을 잘 받는 A(상층)에는 양엽(㉡)이 주로 있으며, A보다 빛을 덜 받는 B(하층)에는 음엽(㉠)이 주로 있다.

㉠ : A는 나무의 상층 부위이므로 빛의 세기가 강해 양엽이 주로 있다. 양엽은 음엽보다 윗타리 조직이 두껍게 발달하므로 양엽의 단면은 ㉠에 해당한다.

✕ : 양엽(㉡)과 음엽(㉠)의 윗타리 조직 두께 차이는 빛의 세기 차이에 의한 것이다.

㉡ : 음엽(㉠)은 빛의 세기가 약한 곳에서 빛을 많이 받기 위해 잎의 평균 넓이가 양엽(㉡)에 비해 넓다.

#### 08

(가)와 (나)는 온도의 영향, (다)는 물의 영향과 관련이 있다.

㉠ : 은행나무(㉡)와 부레옥잠(㉢)은 식물이므로 생산자에 해당한다.

㉡ : (가)~(다)는 모두 비생물적 요인(온도, 물)이 생물적 요인(은행나무, 여우, 부레옥잠)에 영향을 주었으므로 작용의 사례에 해당한다.

✕ : 가을에 은행나무의 잎이 떨어지는 것은 온도에 의한 영향이다.

#### 09

개체군 A는 각 개체의 서열이 있으며, 다른 개체에 미치는 영향이 모두 다르므로 순위제에 해당하는 큰뿔양 개체군이다. 개체군 B는 한 개체(리

더)를 제외한 나머지 개체의 서열이 없으므로 리더제에 해당하는 늑대 개체군이다.

㉠ : 개체군 A는 큰뿔양 개체군에 해당한다.

㉡ : 늑대 개체군은 한 개체가 리더가 되어 개체군을 이끄는 개체군 내 상호 작용을 하며, ㉠은 리더제에 해당한다.

㉢ : 큰뿔양 개체군은 힘의 서열에 의해 순위가 정해지며, 도형의 크기가 클수록 순위가 높다. A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub> 사이의 개체 간 순위는 A<sub>4</sub>-A<sub>2</sub>-A<sub>1</sub>-A<sub>3</sub> 순이다.

#### 서답형 문제

본문 102쪽

- 01 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등      02 해설 참조  
03 실제 생장 곡선: B, C, 이론적 생장 곡선: A  
04 해설 참조      05 해설 참조      06 해설 참조  
07 해설 참조

### 01

비생물적 요인은 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등 생물을 둘러싸고 있는 환경 요인이 해당하며, 생산자 등 생물적 요인에 영향을 준다.

### 02

비생물적 요인 X가 생산자(생물적 요인)에 영향을 주는 것은 작용(㉠)이다. 비생물적 요인 중 하나를 선택하고, 각각에 해당하는 예를 서술한다.

**모범답안** 빛의 세기가 강한 지역이 약한 지역보다 식물의 광합성량이 많다. 이산화 탄소 농도가 높아지면 광합성량이 증가한다. 토양이 비옥하면 식물의 생산량도 증가한다.

채점 기준	배점
작용(㉠)에 해당하는 예 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
작용(㉠)에 해당하는 예 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

### 03

개체군의 생장 곡선 중 먹이, 질병, 서식 공간 등 환경의 제약을 받지 않는 이론적 생장 곡선은 J자형으로 개체 수가 기하급수적으로 증가한다. 실제 생장 곡선은 환경 저항을 받아 S자형으로 나타나며, 일정 개체 수 이상으로 증가하지 않는 형태이다.

### 04

A는 이론적 생장 곡선이고, B는 실제 생장 곡선이므로 개체 수 차이는 환경 저항에 의해 나타난다.

**모범답안** B는 먹이 부족, 서식 공간 부족, 노폐물의 축적, 질병의 발생, 천적 증가, 환경 오염 등의 환경 저항이 있으므로 A와 개체 수 차이가 나타난다.

채점 기준	배점
까닭 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

### 05

은어는 개체군 내 상호 작용 중 텃세의 예에 해당하고, 해조류의 수심이 따른 분포는 빛의 파장에 따라 다르게 나타난다.

**모범답안** • 은어는 일정한 생활 공간인 세력권을 형성하고 다른 개체의

침입을 막기 위해 (가)와 같이 서식한다.

- (나)에서 빛은 파장에 따라 투과 깊이가 달라 청색광을 흡수할 수 있는 홍조류가 가장 깊은 곳까지 서식하며, 황색광을 흡수할 수 있는 갈조류가 중간 깊이까지 서식하고, 적색광을 흡수하여 이용할 수 있는 녹조류는 수심이 얕은 곳까지만 서식한다.

채점 기준	배점
은어와 해조류 모두에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
은어와 해조류 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

### 06

각 지역별로 서로 다른 온도에 적응하여 곰의 몸집과 말단부의 크기에 차이가 나타난다.

**모범답안** 생태계 구성 요인 중 온도의 영향이다. 추운 지역에 사는 동물 일수록 열의 손실을 줄여 체온을 유지하기 위해 몸집이 커지고, 몸의 말단 부위가 작아지는 방향으로 온도에 적응하였다.

채점 기준	배점
생태계 구성 요인 중 온도와 관련지어 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
생태계 구성 요인 중 온도와 관련짓지 않고 까닭을 서술한 경우	50 %

### 07

개체군 밀도 =  $\frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}}{\text{개체군이 생활하는 공간의 면적}}$ 이다.

**모범답안** ㉠의 개체군 밀도는  $C > A = B > D$ 이다. 계산 과정은 표와 같다.

지역	개체 수	면적	개체군 밀도
A	80	S	$\frac{80}{S}$
B	40	0.5 S	$\frac{80}{S}$
C	100	S	$\frac{100}{S}$
D	60	1.5 S	$\frac{40}{S}$

채점 기준	배점
개체군 밀도 비교와 계산 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
계산 과정만 옳게 서술한 경우	70 %
개체군 밀도 비교만 옳게 서술한 경우	30 %

# 16 군집

## 핵심 개념 체크

본문 103쪽

- 1 삼림, 초원, 사막    2 중간 경쟁, 경쟁·배타 원리  
3 지의류, 음수림    4 (1) × (2) ○    5 (1) - ㉠ (2) - ㉠

## 출제 예상 문제

본문 104~105쪽

- 01 ⑤    02 ⑤    03 ④    04 ③    05 ①  
06 ④    07 ④    08 ⑤    09 ⑤

### 01

A는 초원, B는 양수림, C는 음수림이다.

㉠ : 식물 군집의 천이 과정 중 관목림 이전 단계에서는 초본 식물이 우점종인 초원이 나타나므로, A는 초원이다.

㉡ : 산불이 일어나 식물 군집이 사라지더라도 기존의 토양과 식생이 어느 정도 존재하는 상태에서 천이가 다시 시작하므로, 산불이 일어난 후에는 2차 천이가 일어난다.

㉢ : 혼합림 단계에서는 양수(B의 우점종)와 음수(C의 우점종)가 섞여 있으며, 빛에 대해 중간 경쟁이 일어난다. 중간 경쟁의 결과 혼합림에서 음수림(C)으로 천이가 일어난다.

### 02

㉠ : 환경 저항은 이론적 생장 곡선과 실제 생장 곡선의 개체 수 차이이며, 시간이 지나 개체 수가 증가하여 일정해질 때까지 커진다. A가 받는 환경 저항은  $t_1$ 에서  $t_2$ 에서보다 작다.

㉡ : A와 B를 단독 배양했을 때보다 혼합 배양했을 때 두 개체군 모두 개체 수가 증가하였으므로 두 종 사이의 상호 작용은 상리 공생이다.

㉢ : 단독 배양과 혼합 배양 모두에서  $t_1$ 일 때 B의 개체 수는 증가하고 있으므로 출생률이 사망률보다 크다.

### 03

A는 상리 공생, B와 D는 중간 경쟁, C는 포식과 피식이다.

㉠ : 콩과식물과 뿌리혹박테리아는 서로 이익을 주고받는 상리 공생의 관계이므로 A의 예에 해당한다.

㉡ : 포식과 피식(C)에서 이익을 얻는 종Ⅱ는 포식자, 손해를 보는 종Ⅰ은 피식자이므로 Ⅱ가 Ⅰ보다 상위 영양 단계이다.

㉢ : B와 D가 중간 경쟁에 해당하고, D에서 종Ⅰ의 손해가 종Ⅱ의 손해보다 많으므로 종Ⅰ이 사라지는 경쟁·배타 원리가 적용될 가능성이 가장 높다.

### 04

‘군집 내 개체군 사이의 상호 작용이다.’는 중간 경쟁, 포식과 피식, 상리 공생 모두에 해당하므로 ㉠이다. ‘상호 작용을 통해 이익을 얻는 개체군이 있다.’는 포식과 피식, 상리 공생에 해당하므로 ㉡이다. ‘두 개체군의 생태적 지위가 비슷하다.’는 중간 경쟁에 해당하므로 ㉠이다. A와 B는 포식과 피식, 상리 공생 중 하나이고, C는 중간 경쟁이다.

㉠ : ㉠은 A~C 모두 해당하므로 ㉡은 ‘○’이다.

㉡ : ㉡은 포식과 피식, 상리 공생에 해당하는 특징이므로 ‘상호 작용을

통해 이익을 얻는 개체군이 있다.’이다.

㉢ : 눈신토끼와 스라소니의 관계는 포식과 피식의 예에 해당하므로 중간 경쟁(C)에 해당하지 않는다.

### 05

㉠ : 지의류는 용암 대지 등 토양이 척박한 지역에 들어와 토양을 만드는 개척자의 역할을 한다.

㉡ : 산사태, 홍수, 산불 등이 일어난 경우 기존의 토양에 유기물이 있으므로 2차 천이가 시작된다. 1차 천이는 생물이 살지 않았던 곳(용암 대지 등)에서 시작하는 천이를 말한다.

㉢ : 천이가 진행되면 초원, 관목림, 양수림, 혼합림, 음수림 등이 형성되면서 숲이 우거지므로 지표면에 도달하는 빛의 세기는 감소한다.

### 06

(가)는 상리 공생, (나)는 분서(생태 지위 분화)이다.

㉠ : 콩과식물과 뿌리혹박테리아는 서로 이익을 주고받는 상리 공생 관계이다.

㉡ : 피라미와 은어는 먹이 분리가 일어났으므로 분서의 예이다.

㉢ : 콩과식물은 생물적 요인 중 생산자에 해당한다.

㉣ : 피라미는 은어의 유무에 따라 먹이가 다르므로, ㉠과 ㉡에서 먹이 지위는 다르다.

㉤ : 말미잘과 흰동가리는 두 개체군이 모두 이익을 얻는 관계이므로 상리 공생에 해당한다.

### 07

㉠ : A와 B 사이에 중간 경쟁이 일어나 섭취하는 평균 종자 크기가 변하였고, (나) 시기에 A와 B 모두 먹이를 섭취하고 있으므로 어느 한 개체군이 사라지는 경쟁·배타 원리는 일어나지 않았다.

㉡ : A와 B 사이에서 중간 크기 종자에 대해 중간 경쟁이 일어났다. 그 결과 A가 섭취하는 평균 종자 크기가 a에서 a'으로 감소하고, B가 섭취하는 평균 종자 크기가 b에서 b'으로 증가하여 (나) 시기에서 중간 크기 종자에 대한 중간 경쟁이 완화되었다.

㉢ : A와 B 사이에서 먹이에 대한 중간 경쟁이 일어났으므로 두 개체군의 밀도는 감소한다. A와 B의 개체 수는 중간 경쟁이 일어나기 전인 (가) 시기에서가 중간 경쟁이 일어난 후인 (나) 시기에서보다 많다.

### 08

식물 군집의 수평 분포는 위도에 따른 분포로 강수량과 온도(기온)의 차이에 의해 나타나며, 삼림, 초원, 사막으로 구분된다.

㉠ : 툰드라는 한대 사막으로 온도가 낮은 지역이므로 ㉠은 ‘낮음’, ㉡은 ‘높음’이다. 열대 사막은 강수량이 적은 지역이므로 ㉢은 ‘많음’, ㉣은 ‘적음’이다.

㉤ : (가)는 열대 우림이며, 삼림의 층상 구조가 나타난다.

㉥ : (나)는 초원 지역이며, (다)는 사막 지역으로 평균 강수량은 초원이 사막보다 많다.

### 09

서식지 면적을 1로 가정하여 표로 정리하면 다음과 같다.

종	밀도	빈도	피도	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)	상대 피도(%)	중요치
A	10	$\frac{5}{25}$	2	25	25	40	90
B	15	$\frac{10}{25}$	2	37.5	50	40	127.5
C	15	$\frac{5}{25}$	1	37.5	25	20	82.5



- ㉠: A의 상대 밀도와 상대 빈도는 25 %로 같다.  
 ㉡: B의 빈도는  $\frac{10}{25}$ , C의 빈도는  $\frac{5}{25}$ 이므로, B의 빈도는 C의 빈도의 2배이다.  
 ㉢: 중요치는 B가 가장 크므로 우점종은 B이다.

#### 서답형 문제

본문 106쪽

- 01 (가): 습성 천이, (나): 건성 천이      02 해설 참조  
 03 (가): 편리공생, (나): 포식과 피식      04 해설 참조  
 05 해설 참조      06 해설 참조

### 01

(가): 습한 곳에서 시작되는 천이는 습성 천이이다. 습성 천이는 빈영양 호에 영양 염류 등이 퇴적되어 부영양화가 된 후 습원에 개척자로 습생 식물이 들어와 초원을 형성한 뒤 관목림, 양수림, 혼합림, 음수림의 순서로 일어난다.

(나): 건조한 곳인 용암 대지에서 천이가 시작되며, 지의류가 개척자로 들어와 토양을 형성한 후, 초원, 관목림, 양수림, 혼합림, 음수림의 순서로 일어난다.

### 02

A는 양수림, B는 혼합림, C는 음수림이고, A의 우점종은 양수이다.

**모범답안** 양수(A의 우점종)의 개체 수는 양수림 → 혼합림 → 음수림으로 천이가 진행되는 동안 감소한다. 지표면에 도달하는 빛의 세기가 감소하여 숲 속에 그늘진 곳에서는 음수의 묘목이 양수의 묘목보다 잘 자라기 때문에 양수의 개체 수는 감소한다.

채점 기준	배점
A의 우점종의 개체 수 변화와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A의 우점종의 개체 수 변화에 대한 까닭만 옳게 서술한 경우	70 %
A의 우점종의 개체 수 변화만 옳게 서술한 경우	30 %

### 03

두 개체군이 인접해 있을 때 한 쪽 개체군만 이익을 얻고, 다른 개체군은 이익과 손해가 없는 (가)는 편리공생이다. 두 개체군이 떨어져 있을 때와 인접해 있을 때 이익과 손해가 뒤바뀌는 (나)는 포식과 피식이다.

### 04

(나)에서 두 개체군이 인접해 있을 때 이익을 얻는 A는 포식자, B는 피식자이다.

**모범답안** 먹이 사슬의 상위 단계는 포식자인 A이다. A는 피식자인 B와 떨어져 있는 경우 먹이가 부족하므로 손해를 보게 되고, 인접해 있는 경우 먹이가 많아 이익을 얻기 때문이다.

채점 기준	배점
먹이 사슬의 상위 단계와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭만 옳게 서술한 경우	70 %
먹이 사슬의 상위 단계만 옳게 서술한 경우	30 %

### 05

두 종의 따개비가 서식하는 범위는 건조 조건과 두 종 사이의 상호 작용인 중간 경쟁에 의해 결정된다.

**모범답안** ㉠에 (가)만 서식하는 까닭: (가)를 제거해도 (나)의 서식 범위

가 변하지 않는 것은 (나)가 건조한 환경에 서식할 수 없기 때문이다. 그 결과 만조 해수면에 가까운 ㉠에는 (가)만 서식한다.

㉠에 (나)만 서식하는 까닭: ㉠에서 (가)와 (나) 사이의 중간 경쟁이 일어나 (가) 개체군은 살지 못하고 (나) 개체군만 서식하는 경쟁·배타 원리가 적용된 것이기 때문이다.

채점 기준	배점
까닭 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

### 06

방형구법을 이용하는 경우, 밀도, 빈도, 피도를 구하고, 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 계산하여 중요치가 가장 큰 종을 우점종으로 결정한다. 서식지 면적을 1로 가정하여 표로 정리하면 다음과 같으며, 피도가 같으므로 상대 피도는 고려하지 않아도 된다.

종	밀도	빈도	피도	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)	상대 피도(%)	중요치
A	8	$\frac{3}{25}$	1	32	25	약 33.3	약 90.3
B	12	$\frac{6}{25}$	1	48	50	약 33.3	약 131.3
C	5	$\frac{3}{25}$	1	20	25	약 33.3	약 78.3

**모범답안** A의 상대 밀도는 32 %, 상대 빈도는 25 %이다. B의 상대 밀도는 48 %, 상대 빈도는 50 %이다. C의 상대 밀도는 20 %, 상대 빈도는 25 %이다. 따라서 중요치가 가장 큰 B가 우점종이다.

채점 기준	배점
우점종과 A~C의 상대 밀도, 상대 빈도를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~C의 상대 밀도, 상대 빈도를 옳게 서술한 경우	70 %
우점종만 옳게 서술한 경우	30 %

## 17 에너지 흐름과 물질 순환

#### 핵심 개념 체크

본문 107~108쪽

- 1 총생산량, 호흡량      2 탈질산화 작용, 질산화 작용  
 3 광합성, 세포 호흡      4 성장량, 생체량(생물량, 현존량)  
 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×      6 빛에너지  
 7 10      8 증가, 감소, 증가      9 분해자, 열  
 10 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

#### 출제 예상 문제

본문 109~111쪽

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

### 01

㉠은 피식량, ㉡은 생산량이다.

ㄱ : 생산자의 피식량은 1차 소비자, 2차 소비자, 3차 소비자의 유기물량의 일부가 된다. ㉠에는 2차 소비자의 피식량이 포함되므로 ㉠은 피식량이다.

㉡ : 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 뺀 값이므로 총생산량(100) - 호흡량(45) = 55이다.

ㄴ : 1차 소비자의 성장량은 생산자의 피식량(㉠)의 일부이다.

## 02

(가) : 질산 이온이 질소 기체로 전환되는 과정은 질소 순환 중 탈질산화 작용이다.

(나) : 이산화 탄소가 포도당으로 전환되는 과정은 탄소 순환 중 광합성이다.

## 03

X는 분해자, Y는 소비자이다.

ㄱ : 생산자는 세포 호흡을 통해 생산자의 유기물 중 일부를 이산화 탄소로 분해하여 대기 중으로 보낸다. 광합성은 ㉠에 해당하지 않으며, 세포 호흡은 ㉡에 해당한다.

㉡ : 사체와 배설물의 유기물은 분해자(X)에게 전달되어 분해된 후, 대기 중 이산화 탄소로 돌아간다.

㉢ : 분해자(X)의 탄소가 포함된 유기물은 세포 호흡 등을 통해 대기 중 이산화 탄소로 이동하며, 생산자의 광합성에 의해 유기물로 합성되어 먹이 사슬을 따라 이동하면 소비자인 Y에게 탄소가 이동할 수 있다.

## 04

(가)는 질소 고정, (나)는 질산화 작용의 일부, (다)는 탈질산화 작용, (라)는 질소 동화 작용이다.

ㄱ : (가)는 뿌리혹박테리아와 같은 질소 고정 세균에 의해 일어난다.

㉡ : (나)는 질산화 세균에 의해, (다)는 탈질산화 세균에 의해 일어난다.

㉢ : (라)는 식물체 내에서 암모늄 이온이 아미노산으로 합성되는 질소 동화 작용이다.

## 05

(가)는 생산자, (나)는 1차 소비자, ㉠은 에너지, ㉡은 물질이다.

㉢ : (가)는 태양의 빛에너지를 이용하여 광합성을 하고, 에너지량이 200으로 가장 많으므로 생산자이다.

ㄴ : (가)의 에너지량은 200, (나)의 에너지량은 30이므로 (가)에서 분해자로 가는 에너지와 A의 합이 170이고, A는 170 미만이다. (나)의 에너지량은 30, 2차 소비자의 에너지량은 9이므로 (나)에서 분해자로 가는 에너지와 B의 합이 21이고, B는 21 미만이다. 따라서 A와 B의 합은 191 미만이다.

㉣ : 생산자(가)에서 1차 소비자(나)로 이동하는 물질에는 생산자가 광합성을 통해 만들어낸 유기물이 포함된다.

## 06

구분	A	B	C	D	E
순생산량	700	400	1,200	800	1,500
호흡량	300	600	800	1,200	1,500

㉢ : (가)에서 천이이 진행되는 동안 순생산량이 계속 증가하였으므로 천이는 B → A → D → C → E 순서로 진행되었다.

㉣ : C의 순생산량은  $2,000 \times 0.6 = 1,200$ , D의 호흡량은  $2,000 - 1,200 \times 0.4 = 1,200$ 이므로 같다.

ㄴ :  $\frac{D \text{의 순생산량}}{A \text{의 호흡량} + B \text{의 호흡량}} = \frac{800}{300 + 600} = \frac{8}{9}$ 이므로 1보다 작다.

## 07

천이 과정 중 먼저 출현한 ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이다.

ㄱ : ㉠의 우점종과 ㉡의 우점종은 서로 다른 종이므로 같은 개체군을 이루지 않으며, 군집 (가)를 구성한다.

㉡ : 피식량은 순생산량의 25 %로 일정하므로 순생산량에 비례한다.  $t_1$  일 때가  $t_2$  일 때보다 순생산량이 많으므로 피식량도 많다.

ㄴ : 성장량은 순생산량에 포함되고, 호흡량은 총생산량에서 순생산량을 뺀 값이다. ㉠이 출현했을 때 호흡량이 순생산량보다 많으므로, (가)의 성장량은 호흡량보다 적다.

## 08

(가)는 빛, (나)는 공기, A는 생산자, B는 1차 소비자이다.

㉢ : (가)는 빛이다.

㉣ : A의 에너지량은  $2,000,000 - 1,999,000 = 1,000$ 이다. B의 에너지 효율이 15 %  $\left( = \frac{150}{1,000} \times 100 \right)$ 이므로 B의 에너지량은 150이다. 따라서

㉠은  $150 (= 1,000 - 700 - 150)$ 이다. 2차 소비자의 에너지 효율이 20 %  $\left( = \frac{30}{150} \times 100 \right)$ 이므로 2차 소비자의 에너지량은 30이다. 따라서 ㉡은 100, ㉢은 9이며,  $㉠ + ㉡ - ㉢ = 241$ 이다.

ㄴ : 공기(나)에서 생산자(A)로 탄소는 CO<sub>2</sub> 형태로 이동하여 광합성을 통해 유기물로 합성된 후 먹이 사슬을 따라 1차 소비자(B)로 이동한다.

## 09

ㄱ : 온도가 A °C일 때 t 동안 총생산량은 호흡량과 같으므로 순생산량은 0이다.

㉡ : 50 °C일 때 t 동안 총생산량은 0이고 호흡량에 해당하는 유기물을 소비한다. 따라서 군집에 남아 있는 유기물의 총량인 생체량은 t 동안 감소한다.

ㄴ : t 동안 20 °C와 40 °C에서의 총생산량 차이는 순생산량 차이보다 작으므로 제시한 값은 1보다 작다.

## 10

㉢ : 소비자가 가진 유기물은 소비자의 세포 호흡을 통해 이산화 탄소로 분해되어 대기 중으로 이동한다.

㉣ : 생산자는 질소 동화 작용을 통해 단백질과 핵산 등 질소를 포함한 탄소 화합물(질소 화합물)을 합성한다. 생산자로부터 소비자로 질소의 이동(㉣)은 탄소 화합물(단백질 등) 형태로 이동한다.

㉤ : 질산 이온이 질소 기체가 되는 과정은 세균이 관여하는 탈질산화 작용에 의해 일어난다.

## 11

ㄱ : 생태 피라미드는 하위 영양 단계부터 상위 영양 단계 순서로 쌓아 올린 것이므로 (가)는 3차 소비자, (나)는 2차 소비자, (다)는 1차 소비자, (라)는 생산자이다.

㉡ : (가)의 에너지 효율은  $\frac{90}{600} \times 100 = 15 \%$ 이고, (다)의 에너지 효율은  $\frac{3,000}{20,000} \times 100 = 15 \%$ 이다.

ㄴ : 생산자인 (라)의 개체 수가 감소하면 1차 소비자인 (다)의 개체 수가 감소하고, 2차 소비자인 (나)의 개체 수도 감소한다.

## 12

㉠ : 외부로부터 에너지를 얻고, ㉡과 먹이 사슬을 이루는 ㉠은 생산자이다. 사체와 배설물로부터 에너지를 얻는 ㉢은 분해자이고, ㉣은 1차 소비자이다.

㉤ : 1차 소비자(㉣)의 에너지 효율은  $\frac{1차 소비자의 에너지양}{생산자의 에너지양} = \frac{12}{40} \times 100 = 30\%$ 이다.

㉥ : A는  $40 - 12 - 8 = 20$ 이고, B는  $12 - 4 = 8$ 이며, C는  $8 + 4 + 4 = 16$ 이고, D는  $16 - 4 = 12$ 이다.  $A + B = C + D = 28$ 이다.

## 13

㉠ : 탄소 순환 과정에서 대기 중에 존재하는 탄소의 형태는 이산화 탄소, 메테인 등이므로  $CO_2$ 는 기체 A에 해당한다.

㉡ : 에너지는 먹이 사슬을 따라 상위 영양 단계로 이동하며, 영양 단계가 높아질수록 에너지량은 감소한다. 생산자인 풀이 2차 소비자인 두더지보다 에너지량이 많다.

㉢ : 풀, 산딸기의 고사·낙엽량은 ㉠에서 이동하는 탄소의 유기물량이다. ㉠에서 참새의 유기물의 일부가 매로 전달된다.

## 14

(가)는 콩과식물, (나)는 질소 고정을 하는 뿌리혹박테리아이다.

㉠ : (가)는 암모늄 이온과 질산 이온을 흡수하여 질소 동화 작용을 통해 단백질과 핵산 등을 합성하고 소비자에게 전달하는 생산자이므로 콩과식물이다.

㉡ : ㉠은 탈질산화 작용이고, ㉢은 질산화 작용의 일부이며, 각 과정에는 탈질산화 세균과 질산화 세균이 관여한다.

㉣ : 생태계에서 질소는 순환하므로 생산자인 (가)가 가지고 있는 질소는 분해자를 거쳐 대기 등 환경으로 돌아간 뒤 (나)로 이동하여 질소 고정을 통해 다시 생산자로 이동한다.

### 서답형 문제

본문 112쪽

01 ㉠: 생장량, ㉡: 피식량

02 해설 참조

03 해설 참조

04 ㉠: 10%, ㉡: 15%

05 A: 질산화 작용, B: 탈질산화 작용, C: 질소 고정, 해설 참조

06 A: 생산자, B: 소비자, C: 분해자, 해설 참조

## 01

총생산량에서 호흡량을 제외한 유기물량이 순생산량이다. 순생산량은 고사량, 낙엽량, 생장량, 피식량을 포함한다. ㉠에는 1차 소비자의 호흡량이 포함되어 있으므로, ㉡은 생산자로부터 1차 소비자로 이동하는 유기물량인 피식량에 해당한다. ㉢은 순생산량에서 고사량, 낙엽량, 피식량을 제외한 생장량에 해당한다.

## 02

일시적인 개체 수 변화에 의해 생태계 평형이 깨지더라도 시간이 지나면 먹이 사슬에 의해 다시 평형을 유지한다.

**모범답안** (나)에서 1차 소비자의 개체 수가 증가하면, 1차 소비자의 피식자인 생산자의 개체 수가 감소하고 1차 소비자의 포식자인 2차 소비자의 개체 수가 증가한다. 2차 소비자의 개체 수가 증가하여 1차 소비자를 먹이로 많이 이용하면, 1차 소비자의 개체 수가 감소한다. 이어 생산자의 개체 수는 증가하며, 동시에 2차 소비자의 개체 수가 감소하므로 다

시 원래 상태의 평형을 회복한다.

채점 기준	배점
생산자, 1차 소비자, 2차 소비자의 개체 수 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
생산자, 1차 소비자, 2차 소비자의 개체 수 변화 중 2가지만 옳게 서술한 경우	70 %
생산자, 1차 소비자, 2차 소비자의 개체 수 변화 중 1가지만 옳게 서술한 경우	30 %

## 03

**모범답안** (가)는 I의 1차 소비자, (나)는 II의 생산자, (다)는 I의 생산자이다. 생산자의 피식량은 1차 소비자의 섭식량(호흡량+피식량+자연사량+생장량+배출량)과 같다. 생산자인 (나)의 피식량은 180, (다)의 피식량은 200이고, 1차 소비자인 (가)의 섭식량이 200이므로 (다)와 (가)가 동일한 생태계(I)에서 먹이 사슬을 이룬다.

채점 기준	배점
(가), (나), (다)와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가), (나), (다)만 옳게 서술한 경우	60 %
까닭만 옳게 서술한 경우	40 %

## 04

**모범답안** 에너지량은 생산자가 20,000, ㉠(1차 소비자)이 2,000, ㉡(2차 소비자)이 300이다. ㉠의 에너지 효율은  $\frac{2,000}{20,000} \times 100 = 10\%$ 이고, ㉡

의 에너지 효율은  $\frac{300}{2,000} \times 100 = 15\%$ 이다.

채점 기준	배점
각 영양 단계의 에너지량을 구하고, ㉠과 ㉡의 에너지 효율을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
각 영양 단계의 에너지량만 옳게 서술한 경우	50 %
㉠의 에너지 효율만 옳게 서술한 경우	25 %
㉡의 에너지 효율만 옳게 서술한 경우	25 %

## 05

**모범답안** A는 암모늄 이온이 질산 이온으로 전환되는 질산화 작용, B는 질산 이온이 질소 기체로 전환되는 탈질산화 작용, C는 질소 기체가 암모늄 이온으로 전환되는 질소 고정이다. ㉠과 같이 질소 기체가 생산자인 식물로 직접 이동하지 않는 까닭은 생물이 대기 중의 질소 기체( $N_2$ )를 직접 이용할 수 없어 세균 등에 의해 생물이 이용 가능한 형태인 암모늄 이온과 질산 이온으로 전환된 뒤 식물로 흡수되기 때문이다.

채점 기준	배점
A, B, C와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭만 옳게 서술한 경우	40 %
A만 옳게 서술한 경우	20 %
B만 옳게 서술한 경우	20 %
C만 옳게 서술한 경우	20 %

## 06

**모범답안** 대기 중의 이산화 탄소를 이용하고 B에게 탄소를 전달하는 A는 생산자이고, A로부터 탄소를 전달받는 B는 소비자이며, A와 B의 사체와 배설물을 전달받는 C는 분해자이다. ㉠은 소비자가 세포 호흡을 통해 유기물의 일부를 분해하여 대기 중의 이산화 탄소를 방출하는 과정



이며, ㉠은 화석 연료를 연소시켜 대기 중의 이산화 탄소로 방출하는 과정이다.

채점 기준	배점
A, B, C와 ㉠, ㉡의 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A, B, C만 옳게 서술한 경우	60 %
㉠, ㉡의 과정만 옳게 서술한 경우	40 %

## 18 생물 다양성

### 핵심 개념 체크

본문 113쪽

- 1 종 다양성, 유전적 다양성      2 직접, 간접  
3 서식지 단편화, 생태 통로      4 외래종, 고유종  
5 (1) ○ (2) ○ (3) ○

### 출제 예상 문제

본문 114~115쪽

- 01 ②      02 ⑤      03 ⑤      04 ③      05 ⑤  
06 ①      07 ③      08 ⑤      09 ③

### 01

(가): 한 지역에 생물적 요인과 비생물적 요인의 영향에 의해 다양한 생태계가 형성되는 것은 생태계 다양성에 해당한다.  
(나): 기린과 나비 등 같은 종 내에서 개체의 특징 차이가 나타나는 것은 유전적 다양성에 해당한다.

### 02

(가)는 ㉠ 종 13개체, ㉡ 종 1개체, ㉢ 종 1개체가 있고, (나)는 ㉠ 종 8개체, ㉡ 종 3개체, ㉢ 종 4개체가 있다.

㉠: (가)와 (나)는 모두 3종이 있어 종 수는 같으나, (나)가 종이 고르게 분포하고 있으므로, 종 다양성은 (나)가 (가)보다 높다.

㉡: (가)와 (나)의 면적이 같으므로 개체군 밀도는 개체 수에 비례한다. (가)에서 ㉡은 1개체, (나)에서 ㉡은 4개체이므로 ㉡의 개체군 밀도는 (나)가 (가)의 4배이다.

㉢: ㉠은 모양이 다른 두 종류의 표현형이 있고, ㉡은 동일한 모양 한 종류의 표현형만 있으므로 유전적 다양성은 ㉠이 ㉡보다 높다.

### 03

㉠: 종 다양성이 높을수록 복잡한 먹이 그물이 형성되므로 생태계는 안정적으로 유지될 수 있다.

㉡: 개체군의 개체 수를 회복하기 어려울 정도로 과도하게 포획하는 남획으로 인하여 다양한 유전자를 갖는 개체군에서 획일적인 유전자를 갖는 개체군으로 변화할 수 있다.

㉢: 도로의 건설로 인하여 생물들의 서식지 면적이 감소하고, 도로에서 생물이 차량에 치여 죽는 로드킬이 증가한다.

### 04

㉠: 뉴트리아(㉠)는 식용과 모피용으로 사용하므로 의식주에 직접적으로 이용하는 생물 자원이다.

㉡: 뉴트리아의 개체 수가 빠른 속도로 증가하더라도 먹이와 서식 공간 등의 환경 저항을 받는다.

㉢: 동일한 종 내에서 수서 곤충(㉢) 개체군의 등의 무늬가 다양하게 나타나는 것은 유전자의 차이이므로 유전적 다양성의 예에 해당한다.

### 05

㉠: 서식하는 종 수는 (가)가 (나)보다 많으므로, 종 다양성은 (가)가 (나)보다 높다.

㉡: 생태 통로는 단편화된 서식지를 연결하여 야생 동물의 유전적 교류가 일어나도록 하여 생물 다양성을 보전할 수 있다.

㉢: 서식지 분할이 일어나면 내부 면적은 감소하고 가장자리 면적은 증가한다. 내부 면적은 분할 전인 (가)가 분할 후인 (나)보다 크다.

### 06

㉠: (라)일 때 산불 발생 지역에서 출현한 B는 양수림의 우점종이고, (나)일 때 동물의 이입과 이출이 없으므로 새로 나타난 C는 음수림의 우점종이다. A는 동물이다.

㉡: (가)는 양수림의 우점종과 동물이 있으므로 양수림 단계이다.

㉢: (다)의 산불 발생 지역에서는 산불이 발생한 이후의 천이 과정이 진행되므로 2차 천이가 일어난다.

㉣: (라)일 때 종 수가 2이고, (나)와 (다)일 때 종 수가 3이므로 (라)일 때가 종 다양성이 가장 낮다.

㉤: 산불로 개체 수가 감소하고, 도로의 건설로 인해 A의 서식지 면적이 감소하여 A가 사라지는 등 생물 다양성이 감소하였다.

### 07

㉠: (가)와 (나)에서 모두 메뚜기는 생산자인 풀을 먹으므로 1차 소비자 에 해당한다.

㉡: (나)에서 2차 소비자인 개구리가 사라지면 1차 소비자인 메뚜기의 개체 수가 증가하고, 생산자인 풀의 개체 수는 감소한다.

㉢: (가)에서 개구리가 사라지면 개구리를 먹이로 하던 매와 뱀은 다른 먹이를 먹고 살아갈 수 있다. (가)에서 개구리가 사라지더라도 종 수는 (가)가 (나)보다 많으므로 종 다양성도 (가)가 (나)보다 높다.

### 08

㉠: 람사르 협약(㉠)은 여러 국가 사이에 생물 다양성을 보전하기 위해 체결한 국제 협약에 해당한다.

㉡: 습지(㉡)는 육지 생태계와 수 생태계가 공존하여 수많은 생물이 살고 있고, 사막은 일부 생물만 서식하므로 습지(㉡)가 사막보다 생물 다양성이 높은 지역이다.

㉢: 화석 연료의 사용이 줄어들면 이산화 탄소 등의 온실 가스 배출이 감소하므로 지구 온난화(㉢) 현상도 감소할 것이다.

### 09

㉠: 종 수는 ㉠ 시기에서가 ㉡ 시기에서보다 많으므로 종 다양성은 ㉠ 시기에서가 ㉡ 시기에서보다 높다.

㉡: ㉠ 시기에 4종이던 달팽이가 ㉡ 시기에 3종이 되었다. ㉠ 시기의 서식지 면적 중 25 %가 보존될 경우 원래 발견되었던 달팽이 종 수 중 남아있는 종 수의 비율이 75 %가 된다. ㉠ 시기의 서식지 면적은 ㉡ 시기의 서식지 면적의 4배이다.

㉢: ㉠ 시기에서 ㉡ 시기가 될 때, ㉠과 ㉡ 시기의 총 개체 수가 같으므로 D의 개체 수는 증가하고, 서식지가 파괴되었으므로 서식지 면적은 감소하여 D의 개체군 밀도는 증가한다.

- 01 (가): 종 다양성, (나): 유전적 다양성      02 해설 참조  
03 해설 참조      04 해설 참조      05 해설 참조  
06 포식과 피식      07 해설 참조

## 01

(가)와 같이 한 생태계 내에 여러 종이 서식하는 것은 종 다양성에 해당한다. (나)와 같이 같은 종에서 다양한 특징을 가진 개체가 나타나는 것은 유전적 다양성에 해당한다.

## 02

**모범답안** (가)의 특징은 개체군의 다양성이며, 생물 군집을 구성하는 개체군의 종류가 다양함을 의미한다. (나)의 특징은 개체군 내 다양성이며, 동일한 개체군을 구성하는 개체 각각의 특성이 다양함을 의미한다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 특징 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

## 03

**모범답안** (가)는 (나)보다 서식지 면적이 넓으며, (가)가 (나)보다 생존한 생물의 종 수 비율이 높다. 서식지가 파괴되어 서식지 면적이 감소하면 생물 다양성이 감소할 것이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 비교하고, 생물 다양성 감소 원인을 옳게 서술한 경우	100 %
생물 다양성 감소 원인만 옳게 서술한 경우	50 %
(가)와 (나)의 비교만 옳게 서술한 경우	50 %

## 04

**모범답안** (나)는 서식지가 모두 연결되어 있고, (다)는 서식지가 연결되어 있지 않으며, (나)가 (다)보다 생존한 생물의 종 수 비율이 높다. 서식지를 생태 통로 등으로 연결하면 생물 다양성을 보전할 수 있다.

채점 기준	배점
(나)와 (다)를 비교하고, 생물 다양성 보전 방법을 옳게 서술한 경우	100 %
생물 다양성 보전 방법만 옳게 서술한 경우	50 %
(나)와 (다)의 비교만 옳게 서술한 경우	50 %

## 05

종 다양성은 종의 수가 많을수록, 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율이 균등할수록 높아진다.

**모범답안** 종 다양성은 (나), (가), (다) 순으로 높다. (가)와 (나)는 종 수가 4이고, (다)는 3이다. (가)와 (나)의 종 수가 같지만, (나)가 (가)보다 균등하게 분포하고 있으므로 종 다양성은 (나)가 가장 높고, (다)가 가장 낮다.

채점 기준	배점
종 다양성이 높은 순서와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭만 옳게 서술한 경우	50 %
종 다양성이 높은 순서만 옳게 서술한 경우	50 %

## 06

㉠의 먹이가 ㉡이므로 ㉠은 포식자, ㉡은 피식자이고 둘 사이의 상호 작용은 포식과 피식이다.

용은 포식과 피식이다.

## 07

**모범답안** 30 °N인 지역이 60 °N인 지역보다 안정한 생태계이다. 30 °N인 지역에서 60 °N인 지역에서보다 ㉠과 ㉡의 종 수가 많으므로 복잡한 먹이 그물을 형성하여 생태계의 안정성이 높다.

채점 기준	배점
안정한 생태계와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭만 옳게 서술한 경우	60 %
안정한 생태계만 옳게 서술한 경우	40 %

본문 117~120쪽

### 대단원 종합 문제

### V. 생태계와 상호 작용

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

## 01

㉠ : ㉠은 생물 군집이 비생물적 요인(환경)에 영향을 주는 것이므로 반작용에 해당한다.

㉡ : 닭이 먹이를 먼저 먹기 위해 싸우는 행동은 개체군 내 상호 작용이므로 ㉡에 해당한다.

㉢ : 서로 다른 두 개체군인 소나무와 신갈나무가 경쟁하는 것은 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이므로 ㉢에 해당한다.

## 02

㉠ : 빛의 세기가 0일 때 광합성을 하지 않으므로, 호흡량 = (-순생산량)이다. (가)의 호흡량은 25, (나)의 호흡량은 50이므로 호흡량은 (나)가 (가)보다 많다.

㉡ : (가)의 보상점과 광포화점이 (나)보다 낮다. 빛의 세기가 1,000 lx일 때, (가)는 순생산량이 +5이므로 생장할 수 있고, (나)는 순생산량이 -5이므로 생장하기 어렵다. 약한 빛의 세기 환경에 (가)는 (나)보다 더 잘 적응한 것이므로 (가)는 음수림의 우점종, (나)는 양수림의 우점종이다. 1차 천이 과정에서 양수림의 우점종인 (나)가 (가)보다 먼저 출현한다.

㉢ : 총생산량 = 순생산량 + 호흡량이므로, 빛의 세기가 500 lx일 때, (나)의 총생산량은 (-20) + 50 = 30이다.

## 03

㉠ : (나)에서 A와 B를 혼합 배양했을 때 B가 사라졌으므로 A와 B는 생태적 지위가 중복되어 공간 경쟁이 일어난 것이다.

㉡ :  $t_1$ 은 개체 수가 증가하는 시점이므로 출생률은 사망률보다 크고,  $t_2$ 는 개체 수가 일정한 시점이므로 출생률과 사망률은 같다. 따라서 A의 출생률과 사망률은  $t_1$ 일 때는 1보다 크고,  $t_2$ 일 때는 1이므로  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

㉢ : 개체군 밀도는  $\frac{\text{개체 수}}{\text{면적}}$ 이고, 배양 조건은 동일하므로 개체군 밀도는 개체 수에 비례한다. 구간 I에서 A는 개체 수가 증가하고, B는 개체 수가 감소하므로 A와 B의 개체군 밀도 차이는 증가한다.

## 04

㉠: B는 생존 곡선에서 초기에 생존 개체 수가 많아 후기 사망률보다 초기 사망률이 낮은 I 형에 해당한다.

㉡: 서식지 면적이 동일하므로 개체군 밀도는 개체 수에 비례한다. P에서 A의 개체 수가 B의 개체 수보다 많으므로 개체군 밀도는 A가 B보다 높다.

㉢: 개체군 A와 B는 개체 수가 주기적으로 변동하므로 포식과 피식의 관계이다. 초기에 A의 개체 수가 증가할 때 B의 개체 수가 증가하므로 A는 피식자, B는 포식자이다. Q에서 A의 개체 수가 증가하더라도 A와 B의 상호 작용에서 피식자인 A는 손해를 본다.

## 05

안정된 육상 생태계에서 생물량이 가장 많은 A는 생산자이고, B는 1차 소비자, C는 2차 소비자이므로 먹이 사슬의 순서는 A → B → C이다.

㉠: 초기에 A의 생물량이 증가한 후, B와 C가 각각 차례대로 증가하므로 먹이 사슬의 순서는 A → B → C이며, A는 먹이 사슬의 가장 하위 단계이므로 생산자에 해당한다.

㉡: A는 생산자로 피식자이며, B는 1차 소비자로 포식자이다. A와 B 사이에서는 포식과 피식이 일어난다.

㉢: 구간 I에서는 B와 C의 생물량이 모두 감소한다. 이는 1차 소비자(B)의 개체 수가 감소하여 2차 소비자(C)의 먹이가 부족해짐에 따라 2차 소비자(C)의 개체 수가 감소한 것이다.

## 06

㉠: A~C는 서식지가 S<sub>1</sub>인 장소에서 서식할 수 있으므로 S<sub>1</sub>에 A~C는 모두 존재한다.

㉡: S<sub>2</sub>에서 A와 C는 같은 서식지에 살고 있지만, 먹이의 범위가 중복되지 않으므로 먹이의 범위는 다르다.

㉢: A와 B는 (가)에서 서식지의 범위가 중복되었으나, (나)에서는 서로 서식지 범위를 달리하는 공간 분리가 일어나 A와 B의 서식지 범위가 중복되지 않는다. (나)에서 A와 B 사이에 서식지에 대한 분서(생태 지위 분화)가 일어난 것이다.

## 07

서식지 면적을 1로 가정하여 표로 정리하면 다음과 같다.

	종	밀도	빈도	피도	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	중요치
(가)	A	4	$\frac{4}{25}$	1	40	40	약 33.3	약 113.3
	B	4	$\frac{4}{25}$	1	40	40	약 33.3	약 113.3
	C	2	$\frac{2}{25}$	1	20	20	약 33.3	약 73.3

	종	밀도	빈도	피도	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	중요치
(나)	A	8	$\frac{8}{25}$	1	40	50	약 33.3	약 123.3
	B	8	$\frac{4}{25}$	1	40	25	약 33.3	약 98.3
	C	4	$\frac{4}{25}$	1	20	25	약 33.3	약 78.3

㉠: 표와 같이 개체군의 밀도는 A~C 모두 2배가 되었다.

㉡: 표와 같이 A의 중요치는 (나)에서 (가)에서보다 크다. (가)에서 (나)로 변할 때 A~C의 밀도가 모두 2배가 되었으므로 상대 밀도는 변하

지 않으며, 상대 피도도 동일하다. A의 상대 빈도가 40 %에서 50 %로 증가하였으므로 중요치도 증가한다.

㉢: (가)일 때 A와 B의 상대 밀도는 같으므로  $\frac{A의 상대 밀도}{B의 상대 밀도}$ 는 1이다.

(나)일 때 B와 C의 상대 빈도는 같으므로  $\frac{C의 상대 빈도}{B의 상대 빈도}$ 는 1이다.

## 08

A는 녹말, B는 포도당, C는 북극여우, D는 사막여우이다.

㉠: 겨울에 온도가 내려가면 식물은 녹말(A)을 포도당(B)으로 분해하여 세포액의 삼투압을 높이고 세포가 얼는 것을 방지한다. 추운 곳에 사는 여우는 더운 곳에 사는 여우보다 몸집이 크고 몸의 말단부가 작다. (가)와 (나)에 영향을 주는 비생물적 요인은 모두 온도이다.

㉡: 생산자인 식물로부터 1차 소비자인 동물로 탄소가 이동할 때 탄수화물과 같은 유기물의 형태로 이동한다.

㉢: 몸의 말단부인 귀와 꼬리 등의 크기는 사막여우(D)가 북극여우(C)보다 크다.

## 09

(가)는 용암 대지에서 시작하는 1차 천이 과정이며, 개척자인 A는 지의류이고, B는 초원, C는 양수림, D는 음수림이다. ㉠은 작용이고, ㉡은 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이다.

㉢: A는 1차 천이의 개척자이며, 토양 형성에 관여하는 지의류이다.

㉣: (가)에서 군집의 천이 과정 중 빛, 온도, 토양, 공기 등 비생물적 환경 요인에 의해 군집의 구성이 영향을 받으므로 작용(㉠)이 나타난다.

㉤: 혼잡림 단계에서는 양수림(C)의 우점종과 음수림(D)의 우점종이 빛에 대해 중간 경쟁이 일어나므로 C의 우점종과 D의 우점종 사이의 상호 작용은 군집 내 개체군 사이의 상호 작용(㉡)에 해당한다.

## 10

㉠은 A로 총생산량, ㉡은 B로 순생산량, ㉢은 C로 성장량에 해당한다.

㉣: 유기물량은 ㉠ > ㉡ > ㉢ 순서이므로 B는 ㉡인 순생산량이다.

㉤: 호흡량은 총생산량(A)과 순생산량(B)의 차이이며, 피식량은 순생산량(B)과 성장량(C)의 차이 중 일부이다. 그래프에서 t<sub>1</sub>일 때 호흡량이 피식량보다 많음을 알 수 있다.

㉥: 구간 I에서 성장량(C)은 증가하고 있으며, 호흡량(A-B)도 증가하고 있다.

## 11

A는 공과식물, B는 사람, C는 뿌리혹박테리아이다.

㉡: 질소 기체(N<sub>2</sub>)를 이용하는 C는 뿌리혹박테리아이다. A에서 B로 탄소가 이동하므로 A는 생산자에 해당하는 공과식물, B는 소비자에 해당하는 사람이다.

㉢: A와 B가 가진 유기물의 일부는 세포 호흡 등을 통해 이산화탄소로 분해되어 대기 중으로 돌아가며(㉠, ㉡), 일부는 사체와 배설물의 형태로 토양으로 이동한다.

㉣: 뿌리혹박테리아(C)는 대기 중의 질소 기체(N<sub>2</sub>)를 고정하여 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)으로 전환한다. 암모늄 이온은 공과식물(A)에게 전달(㉢)되거나 토양으로 이동(㉣)한다.

## 12

㉠: X를 도입하기 전에 (가)에는 A~E가 있으므로 생물 종 수는 5이다. X를 도입한 후에 (가)에는 A, B, D, E가 있고, X도 도입되었으



로 생물 종 수는 5이다. 따라서 (가)의 생물 종 수는 X 도입 전과 도입 후가 같다.

㉠ : X 도입 전과 도입 후의 종 수는 5로 같으나, X 도입 전이 도입 후보다 생물 종이 균등하게 분포한다. 종 다양성은 X 도입 전이 도입 후보다 높다.

㉡ : X 도입 전과 도입 후에 (가)의 면적에는 변화가 없으므로 개체 수는 개체군의 밀도에 비례한다. X 도입 전 A~E 개체 수의 합은  $20+20+20+20+20=100$ 이고, X 도입 후 A~E 개체 수의 합은  $15+15+0+10+5=45$ 이다. 따라서 A~E의 개체 수의 합은 X 도입 전이 X 도입 후보다 많다.

### 13

㉠ : (가)에서 빛의 파장에 따라 바다에 투과되는 빛의 양이 달라져 ㉠과 ㉡이 수심에 따라 종 수 차이가 나타난 것은 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 준 작용의 예에 해당한다. (나)에서 낮의 길이에 따라 A와 B의 개화율이 달라지는 것도 작용의 예에 해당한다.

㉢ : (가)에서 수심이 깊어질수록 ㉠과 ㉡의 종 수는 감소하고 있으므로 종 다양성은 감소한다.

㉣ : 하루 중 밤의 길이가 7시간이면 낮의 길이는 17시간이다. (나)에서 낮의 길이가 17시간일 때 A의 개화율이 B의 개화율보다 높다.

### 14

㉠ : 군집의 천이 과정에서 ㉠이 출현한 이후에 ㉡이 출현하였으므로 ㉠은 관목림, ㉡은 음수림이다.

㉢ : 지표면에 도달하는 빛의 세기는  $t_1$ 에서  $t_2$ 에서보다 세기 때문에 식물 군집의 평균 높이는  $t_2$ 에서 높게 나타난다.  $t_1$ 은 관목림(㉠) 출현 전이고,  $t_2$ 는 관목림 출현 이후 삼림이 형성되는 때이므로 식물 군집의 평균 높이를 알 수 있다.

㉣ : 구간 I 이 구간 II 보다 시간에 따른 빛의 세기의 감소가 적으므로 천이가 일어나는 속도는 II에서 I에서보다 빠르다. 구간 II는 산불 발생 이후 천이 과정이므로 2차 천이 과정이다.

### 15

㉠~㉣이 차례대로 먹이 사슬을 이루고 있으므로 ㉠은 생산자, ㉡은 1차 소비자, ㉢은 2차 소비자, ㉣은 3차 소비자이다.

㉠ : 분해자로 들어오는 에너지량과 나가는 에너지량은 같다.  $1,648 = A + 125 + 20 + 3$ 이므로 A는 1,500이다. ㉠의 에너지량은 10,000이고, ㉡에게 전달되는 에너지량은  $10,000 - 8,000 - A$ 이므로 ㉡의 에너지량은 500이다. ㉢의 에너지량은  $12 + 3 = 15$ 이고, ㉣의 에너지량은  $40 + 20 + 15 = 75$ 이다. ㉠의 에너지량  $500 = 125 + B + 15$ 이므로 B는 300이다. 따라서  $A - B = 1,200$ 이다.

㉡ : ㉠의 에너지 효율은  $\frac{500}{10,000} \times 100 = 5\%$ 이고, ㉢의 에너지 효율은  $\frac{15}{75} \times 100 = 20\%$ 이다. 따라서 에너지 효율은 ㉢이 ㉠의 4배이다.

㉣ : 피식량은 먹이 사슬의 다음 영양 단계에 먹히는 유기물의 양이며, 화학 에너지 형태로 전달된다. ㉠의 피식량은 500이며, ㉡의 피식량은 75이다. 따라서  $\frac{\text{㉡의 피식량}}{\text{㉠의 피식량}} = \frac{75}{500} = 0.15$ 이다.

### 16

서식지 면적을 1로 가정하여 표로 정리하면 다음과 같다.

	종	밀도	빈도	피도	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)	상대 피도(%)	중요치
지역 (가)	A	9	$\frac{6}{25}$	1	30	30	약 33.3	약 93.3
	B	12	$\frac{10}{25}$	1	40	50	약 33.3	약 123.3
	C	9	$\frac{4}{25}$	1	30	20	약 33.3	약 83.3

	종	밀도	빈도	피도	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)	상대 피도(%)	중요치
지역 (나)	A	8	$\frac{5}{25}$	1	20	20	25	65
	B	20	$\frac{12}{25}$	1	50	48	25	123
	C	10	$\frac{6}{25}$	1	25	24	25	74
	D	2	$\frac{2}{25}$	1	5	8	25	38

㉢ : (가) 지역의 종 수는 3, (나) 지역의 종 수는 4이므로, 종 다양성은 (나)가 (가)보다 높다.

㉣ : (가)에서 A의 상대 빈도는 30 %이고, (나)에서 A의 상대 빈도는 20 %이다. 따라서 A의 상대 빈도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉤ : 표와 같이 (가)와 (나) 모두에서 B의 중요치가 가장 크므로 (가)와 (나)의 우점종은 모두 B이다. 상대 피도가 모두 같고, (가)와 (나) 지역 모두에서 상대 밀도와 상대 빈도는 B가 가장 큰 것을 통해 중요치 (=상대 밀도+상대 빈도+상대 피도)는 B가 가장 크다는 것을 알 수 있다.