

수능특강 과학탐구영역 생명과학 I

# 정답과 해설

01 생명 과학의 이해

2점 수능 테스트

본문 14~16쪽

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

01 생명 과학의 특성

- ㉠. 생명 과학은 생명의 본질을 밝히고 그 성과를 인류의 생존과 복지에 응용하는 종합적인 학문이다.
- ㉡. 생명 과학은 생물을 구성하는 분자 수준에서부터 생태계까지 다양한 범위의 생명 현상을 연구하는 학문이다.
- ㉢. 생물 정보학은 생명 과학과 정보학이 연계되어 통계 기법과 컴퓨터를 이용해 DNA 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열 등을 분석하는 학문이다.

02 자극에 대한 반응

- 고무 망치로 무릎을 치면 무릎에 가해진 자극에 의해 발생한 흥분이 무릎 반사 경로를 통해 전달되어 다리가 올라간다. 이러한 현상은 생물의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
- ✖ 효모가 유성 생식으로 분열하는 것은 생물이 자신과 닮은 자손을 만드는 생식에 해당한다.
  - ✖ 심해 어류의 시각이 퇴화되어 있는 것은 빛이 도달하지 않는 심해 환경에 적응하여 진화한 결과이므로 적응과 진화에 해당한다.
  - ㉢ 미모사의 잎을 건드렸을 때 잎이 오므라드는 것은 자극에 대한 반응에 해당한다.
  - ✖ 사람이 물을 많이 마시면 오줌의 양이 증가하는 것은 몸 안의 수분량을 조절하기 위한 항상성에 해당한다.
  - ✖ 나비의 유충이 번데기 시기를 거친 후 성충이 되는 것은 세포 분열과 분화를 통해 어린 개체가 성체로 자라는 것이므로 발생과 생장에 해당한다.

03 물질대사

- 녹조류인 해감은 주로 적색과 청자색 파장의 빛을 이용하여 광합성을 한다. 따라서 해감에서 적색과 청자색 파장의 빛이 비치는 부위에서는 광합성을 통해 더 많은 산소가 발생하게 되고, 그로 인해 산소를 이용하여 호흡하는 호기성 세균이 이 부위에 모여들어 많이 분포하게 된다.
- ✖ 빛의 파장에 따라 호기성 세균의 분포 정도가 달라지는 것은

- 생명 현상의 특성 중 물질대사 및 자극에 대한 반응과 관련이 있다.
- ㉠ 광합성은 작은 분자인 물과 이산화 탄소가 큰 분자인 포도당으로 합성되는 과정이다. 그러므로 동화 작용에 해당한다.
  - ㉡ 해감은 에너지를 흡수하는 광합성을 하고, 호기성 세균은 에너지를 방출하는 호흡을 하므로 모두 물질대사를 한다.

04 적응과 진화

기온이 낮은 곳의 새일수록 깃털 중 다운의 길이가 긴 것은 추위에 적응하여 진화한 결과이므로 생물의 특성 중 적응과 진화와 관련이 깊다.

05 항상성과 생식

- 생물의 특성은 생물이 살아 있는 상태를 유지하는 것과 관련된 개체 유지의 현상과 생물종을 보존하여 생물의 연속성을 유지하는 것과 관련된 종족 유지의 현상으로 구분할 수 있다. 개체 유지의 현상과 관련된 특성으로는 세포로 구성, 물질대사, 자극에 대한 반응, 항상성(㉠), 발생과 생장이 있고, 종족 유지의 현상과 관련된 특성으로는 생식(㉡)과 유전, 적응과 진화가 있다.
- ㉠ 사람이 뜨거운 찜질방에 들어가면 땀이 나는 것은 높아진 체온을 원래의 체온으로 낮추기 위한 것으로 생물의 특성 중 항상성(㉠)의 예에 해당한다.
  - ✖ 장구벌레가 번데기 시기를 거쳐 모기로 되는 것은 생물의 특성 중 발생과 생장의 예에 해당한다.
  - ✖ 모든 생물은 종족을 유지하기 위해 자신과 닮은 개체를 만드는 생식을 하는데, 짙신벌레와 같은 단세포 생물은 분열법으로 번식할 수 있다.

06 생물과 비생물의 차이점

- 강아지와 강아지 로봇의 공통점으로는 자극에 대해 적절히 반응하고, 다양한 활동을 위해 에너지가 필요하다는 점이 있다.
- ㉠ 강아지와 강아지 로봇 모두 다양한 활동을 위해 에너지가 필요하며, 에너지는 화학 반응을 통해 얻는다.
  - ㉡ 주인이 말을 하면 꼬리를 흔드는 것은 사람의 행동에 반응하는 것이므로 자극에 대한 반응에 해당한다.
  - ✖ 강아지 로봇은 세포로 구성되어 있지 않으며, 발생과 생장, 생식과 유전, 적응과 진화의 특성을 모두 나타내지 않으므로 비생물이다.

07 바이러스의 특성

- (가)는 독감 바이러스, (나)는 대장균이다.
- ㉠ 바이러스는 숙주 세포 내에서 증식이 이루어지는 과정 중에 돌연변이가 발생하여 이전과 다른 특성을 가진 바이러스가 나타

나기도 한다.

- ㉠. 대장균은 생물이므로 유전 물질인 핵산을 갖는다.  
 ✕. 대장균은 단세포 생물로 세포막을 갖지만, 바이러스는 세포막을 갖지 않는다.

## 08 박테리오파지 모형 만들기

- ㉠. 정이십면체 머리(㉠)는 박테리오파지의 단백질 껍질에 해당한다.  
 ㉡. 가는 철사(㉡)는 박테리오파지의 핵산에 해당한다.  
 ㉢. 박테리오파지는 숙주 세포 표면에 부착할 수 있는 꼬리를 가지고 있으며, 숙주 세포 내에서 자신의 핵산(DNA)을 복제하고 단백질 껍질을 만들어 이들의 조립으로 새로운 박테리오파지를 형성한다.

## 09 연역적 탐구 과정

- (가)는 관찰, (나)는 가설 설정, (다)는 탐구 설계 및 수행이다.  
 ㉠. 자연 현상을 관찰하는 것은 연역적 탐구 방법과 귀납적 탐구 방법에서 모두 첫 번째 과정에 해당한다.  
 ㉡. 연역적 탐구 과정에서는 문제 인식 과정에서 가진 의문에 대한 잠정적인 해답을 내리는 가설 설정(나)이 이루어진다.  
 ㉢. 탐구 설계 및 수행(다)에서 대조군을 설정하고 실험군과 비교하는 대조 실험을 한다.

## 10 과학의 탐구 방법

- 구달의 침팬지 연구 사례에는 귀납적 탐구 방법이 이용되었고, 에이즈의 각기병 연구에는 연역적 탐구 방법이 이용되었다.  
 ㉠. 구달은 오랜 기간 동안 침팬지의 행동 등을 관찰하고 침팬지의 행동 특성에 대해 결론을 내렸으며, 문제에 대한 잠정적인 해답을 내놓는 과정(가설 설정)이 없으므로 귀납적 탐구 방법에 해당한다.  
 ㉡. 에이즈만은 건강한 닭들을 두 집단으로 나누어 각각 다른 먹이를 먹여 기르는 대조 실험을 수행하였다.  
 ✕. 에이즈만의 탐구 과정에서 먹이의 종류(㉠)는 조작 변인이고, 각기병의 발생 여부는 종속변인에 해당한다.

## 11 연역적 탐구 과정

- ㉠. 건강한 48마리의 양을 탄저병 백신을 접종한 집단(실험군)과 탄저병 백신을 접종하지 않은 집단(대조군)으로 나누어 탐구를 진행하였으므로 연역적 탐구 방법이 이용되었다.  
 ✕. 대조군은 실험군과 비교하기 위해 아무 요인(변인)도 변화시키지 않은 집단이며, 실험군은 가설을 검증하기 위해 의도적으로 어떤 요인(변인)을 변화시킨 집단이다. ㉠은 탄저병 백신을 접종

한 집단이므로 실험군이다.

- ㉡. 실험에서 탄저병 백신의 접종 여부를 달리하였으므로 탄저병 백신의 접종 여부는 조작 변인에 해당한다. 그리고 탄저균을 주입하였을 때 양의 건강 상태를 확인하였으므로 탄저병 예방 효과는 종속변인이다. 따라서 '탄저병 백신은 탄저병 예방 효과가 있을 것이다.'는 이 실험의 가설에 해당한다.

## 12 조작 변인과 종속변인

조작 변인은 탐구 설계 및 수행 과정에서 대조군과 달리 실험군에서 의도적으로 변화시키는 요인이다. 실험에서 라이페이스의 유무, 쓸개즙 첨가 여부를 달리하고 있으므로 이들은 조작 변인에 해당한다. 종속변인은 조작 변인의 영향을 받아 변하는 요인으로 탐구 결과에 해당한다. 이 실험은 라이페이스의 유무, 첨가 물질의 종류에 따른 지방의 분해 정도를 알아보려고 하므로, 종속변인은 지방의 분해 정도이다.

### 3점 수능 테스트

본문 17~19쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ② 06 ①

## 01 생명 과학과 다른 학문과의 연계

- ✕. (가)는 생명 과학과 공학이 연계되어 생물의 우수한 특징을 모방한 제품을 개발한 사례이다. 전자 현미경은 물리학의 원리를 이용해 개발된 사례이므로 (가)의 사례에 해당하지 않는다.  
 ㉠. 생물 정보학은 컴퓨터를 이용하여 DNA의 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열을 분석함으로써 단백질의 구조와 유전자 발현 등을 예측하는 데 사용된다. 사건 현장에 떨어진 혈흔이나 머리카락에서 DNA를 채취한 후 분석하면 범인의 신원을 밝혀낼 수 있다. 따라서 DNA는 ㉠에 해당한다.  
 ㉡. (다)는 생명 과학이 법학, 의학과 연계되어 적용된 사례로 혈흔이나 머리카락과 같은 인체 유래물로부터 유전자를 추출하여 유전 정보를 분석할 수 있다.

## 02 적응과 진화

- 육식 동물과 초식 동물은 모두 척추동물이지만 먹이의 차이에 따라 소화관 길이가 다름을 보여주고 있으므로 이것은 생물의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.  
 ✕. 아메바가 분열법으로 번식하는 것은 생물의 특성 중 생식에

해당한다.

- ✗ 사람이 더울 때 땀을 흘려 체온을 조절하는 것은 생물의 특성 중 항상성에 해당한다.
- ✗ 플라나리아가 빛을 받으면 어두운 곳으로 이동하는 것은 생물의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
- ✗ 식물 종자가 발아하여 뿌리, 줄기, 잎으로 분화하는 것은 생물의 특성 중 발생과 성장에 해당한다.
- ㉔ 뱀의 아래턱이 분리되는 것은 큰 먹이를 먹기에 알맞도록 적응한 결과로서 생물의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

### 03 바이러스의 구조와 특성

- ㉑ 바이러스는 돌연변이가 일어나 새로운 형질이 나타나면서 환경에 적응하고 진화하기도 한다. '살충제를 살포하면 살충제 저항성 모기가 증가한다.'는 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.
- ✗ 바이러스는 단백질 껍질 속에 유전 물질인 핵산이 들어 있는 구조로 되어 있으므로 ㉔는 단백질이다.
- ㉑ 바이러스는 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있다.

### 04 연역적 탐구 과정

이 실험에서 조작 변인은 희석된 침과 희석된 이자액의 유무이며, 종속변인은 시약의 색 변화이다.

- ✗ 대조군(A)에는 희석된 침과 희석된 이자액을 넣지 않고 대신 증류수를 넣어야 하며, 나머지 첨가물인 녹말 용액과 시약은 실험군(B~D)과 동일하게 처리해야 한다. 증류수의 양은 희석된 침과 희석된 이자액의 양의 합인 10 mL를 넣어야 하는데, 이것은 용액 전체의 부피를 같게 유지시켜야 하기 때문이다. 따라서 ㉑+㉒=5+10=15이다.
- ㉑ 시험관 A와 D의 비교를 통해 '이자액에는 녹말을 분해하는 물질이 있을 것이다.'는 가설을 검증할 수 있다.
- ㉑ 시험관 A에서는 시약의 색이 청람색으로 변화하였으므로 녹말이 분해되지 않았고, 시험관 B에서는 시약의 색이 변화하지 않았으므로 녹말이 희석된 침에 의해 분해되었음을 알 수 있다.

### 05 과학의 탐구 방법

A의 탐구 과정에는 문제 인식 후 가설 설정이 이루어지는 단계가 포함되어 있으므로 연역적 탐구 방법, B의 탐구 과정에는 가설 설정과 변인 통제 없이 다양한 생물의 세포를 관찰하여 결론을 도출하고 있으므로 귀납적 탐구 방법, C의 탐구 과정에는 가설을 검증하기 위한 탐구 설계 및 수행이 이루어지는 단계가 포함되어 있으므로 연역적 탐구 방법이 이용되었다.

- ✗ A는 연역적 탐구 방법, B는 귀납적 탐구 방법을 이용하였다.

㉑ 대장균은 하나의 세포로 이루어진 단세포 생물이므로 ㉑은 대장균이다.

- ✗ 감자 속 카탈레이스가 과산화 수소의 분해에 미치는 영향을 알아보는 실험이므로 대조군은 생감자즙을 넣지 않고 증류수(㉑)와 과산화 수소수(㉒)만 사용하여야 한다. 실험군은 생감자즙과 과산화 수소수를 사용한다.

### 06 연역적 탐구 과정

㉑ A는 포식자인 잠자리 유충이 있는 곳의 올챙이 집단으로 아무 요인(조작 변인)도 변화시키지 않았다. 따라서 대조군에 해당한다.

- ✗ A와 B에서 잠자리 유충의 유무를 다르게 했으므로 잠자리 유충의 유무는 조작 변인에 해당한다. 이 실험에서 종속변인은 회색 청개구리 올챙이의 활동성이다.

- ✗ 실험 결과를 보면 포식자인 잠자리 유충이 있을 때 회색청개구리 올챙이의 활동성이 더 작으므로 '회색청개구리 올챙이의 활동성은 잠자리 유충이 있을 때가 없을 때보다 더 작다.'가 이 실험의 결론에 해당한다.

## 02

## 생명 활동과 에너지

## 2점 수능 테스트

본문 25~26쪽

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

## 01 물질대사

물질대사는 생명체 내에서 일어나는 화학 반응으로 물질의 변화와 함께 에너지의 출입이 일어난다. 대부분의 물질대사에는 효소가 관여한다.

- Ⓐ. 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 화학 반응이다.
- Ⓑ. 물질대사가 일어날 때 물질의 변화와 함께 에너지의 출입이 일어난다.
- Ⓒ. 입에서 녹말이 엿당으로 분해되는 과정은 이화 작용으로 물질대사에 해당한다.

## 02 물질대사의 종류

물질대사에는 간단하고 작은 물질이 복잡하고 큰 물질로 합성되는 동화 작용과 복잡하고 큰 물질이 간단하고 작은 물질로 분해되는 이화 작용이 있다. 글리코젠은 포도당이 여러 개 모여 합성되는 물질이므로 포도당이 글리코젠으로 합성되는 (가)는 동화 작용이고, (나)는 이화 작용이다.

- ㉠. (가)는 동화 작용이다.
- ㉡. 이자의 β세포에서 분비되는 인슐린은 간에 작용하여 포도당이 글리코젠으로 합성(㉠)되는 과정을 촉진한다.
- ㉢. '세포 호흡에 의해 포도당이 이산화 탄소와 물로 분해된다.'는 이화 작용(나)의 예에 해당한다.

## 03 이화 작용

아미노산은 단백질을 구성하는 기본 단위이다. 단백질이 아미노산으로 분해되는 I은 이화 작용, 아미노산이 단백질로 합성되는 II는 동화 작용이다. 동화 작용은 에너지가 흡수되는 흡열 반응이고, 이화 작용은 에너지가 방출되는 발열 반응이다.

- Ⅹ. 단백질이 아미노산으로 분해되는 I은 이화 작용이다.
- ㉣. (나)에서 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 많으므로 에너지가 방출된다.
- Ⅹ. 이화 작용은 에너지가 방출되는 발열 반응이므로 (나)는 I에서의 에너지 변화를 나타낸 것이다.

## 04 세포 호흡과 ATP

포도당이 산소와 반응하여 세포 호흡을 통해 이산화 탄소와 물로 분해되면 포도당에 저장되어 있던 화학 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지의 형태로 방출되어 체온 유지에 이용된다.

- ㉠. 세포 호흡에서 생성되고, 아데닌과 리보스, 인산기 3개를 갖는 X는 ATP이다.
- ㉡. 미토콘드리아에서 이화 작용인 세포 호흡이 일어난다.
- Ⅹ. (가)에서 열에너지가 방출되므로 포도당에 저장된 화학 에너지의 일부가 ATP(X)에 저장된다.

## 05 ATP와 ADP

ATP는 아데노신(아데닌+리보스)에 3개의 인산기가 결합한 물질이고, ADP는 아데노신에 2개의 인산기가 결합한 물질이다. 따라서 ㉠은 ATP이고, ㉡은 ADP이다.

- ㉢. ATP(㉠)가 ADP(㉡)와 무기 인산(P<sub>i</sub>)으로 분해될 때 방출된 에너지는 동물 세포와 식물 세포에서 모두 다양한 생명 활동에 이용된다.
- Ⅹ. 1분자당 에너지량은 ATP(㉠)가 ADP(㉡)보다 많다.
- ㉣. 미토콘드리아에서는 유기물이 분해되면서 방출된 에너지를 이용하여 ADP(㉡)와 무기 인산(P<sub>i</sub>)을 ATP(㉠)로 합성하는 반응이 일어난다.

## 06 광합성과 세포 호흡

이산화 탄소와 물이 포도당과 산소로 전환되는 (가)는 광합성이고, 포도당과 산소가 이산화 탄소와 물로 전환되는 (나)는 세포 호흡이다.

- ㉠. 광합성(가)과 세포 호흡(나)은 모두 효소가 관여하는 물질대사이다.
- ㉡. 광합성(가)에서 흡수된 빛에너지의 일부는 탄소 화합물에 화학 에너지로 저장된다.
- ㉢. 포도당이 산소와 반응하여 세포 호흡에 이용되면 ATP가 합성된다.

## 07 사람의 물질대사

㉠~㉣ 중 1분자당 에너지량은 ㉠이 가장 적으므로 ㉡은 포도당이다. 사람에서 녹말은 합성되지 않으므로 ㉠은 녹말, ㉢은 글리코젠이다. 따라서 녹말(㉠)이 포도당(㉡)으로 분해되는 I은 이화 작용, 포도당(㉡)이 글리코젠(㉢)으로 합성되는 II는 동화 작용에 해당한다.

- Ⅹ. ㉠은 녹말이다.
- ㉣. I은 생성물(㉡)의 에너지량이 반응물(㉠)의 에너지량보다 적으므로 이화 작용에 해당한다.

㉔. I 은 소화관에서 녹말(㉑)이 포도당(㉒)으로 분해되는 소화 과정이고, II 는 간과 근육 등에서 포도당(㉒)이 글리코젠(㉓)으로 전환되는 과정이다. 소화관과 간은 모두 소화계에 속하므로 소화계에서는 I 과 II 가 모두 일어난다.

### 08 효모에 의한 이산화 탄소 발생

효모가 포도당을 분해하는 과정에서 이산화 탄소가 발생한다.

㉑. ㉑에는 효모가 포도당을 분해하는 과정에서 발생한 이산화 탄소가 있다.

㉒. A와 B에서 효모액의 양은 동일하다. 따라서 효모액의 양은 독립변인 중 통제 변인에 해당한다.

㉓. 효모에 의해 포도당이 분해되면서 이산화 탄소가 발생한다. 따라서 발효관 A에 들어 있는 포도당의 양은 이산화 탄소가 발생하기 이전인 (가)에서가 이산화 탄소가 발생한 (다)에서보다 많다.

### 3점 수능 테스트

본문 27~29쪽

01 ㉑ 02 ㉑ 03 ㉑ 04 ㉑ 05 ㉑ 06 ㉑

### 01 동화 작용과 이화 작용

㉑은 이화 작용이고, ㉒은 동화 작용이다.

㉓. 포도당이 물과 이산화 탄소로 분해되는 반응은 이화 작용(㉑)의 예에 해당한다. 따라서 ㉑은 이화 작용이다.

㉔. 동화 작용(㉒)은 간단하고 작은 물질이 복잡하고 큰 물질로 합성되는 반응으로 반응물의 에너지는 생성물의 에너지보다 적다. (나)에서 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 많으므로 (나)는 이화 작용(㉑)에서의 에너지 변화이다.

㉕. 효소는 이화 작용(㉑)과 동화 작용(㉒)에 이용된다.

### 02 세포 호흡과 ATP의 합성

세포 호흡에서 포도당이 산소(㉑,  $O_2$ )와 반응하여 분해되면 이산화 탄소(㉒,  $CO_2$ )와 물이 생성되고 에너지가 방출된다. 이때 방출된 에너지의 일부는 ATP의 합성에 이용되고, 나머지는 열에너지 형태로 방출되어 체온 유지에 이용된다.

㉑. ㉑은 산소( $O_2$ )이다.

㉒. 이산화 탄소(㉒)는 호흡계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

㉓. 포도당이 세포 호흡을 통해 분해될 때 방출된 에너지의 일부는 ADP와 무기 인산( $P_i$ )이 ATP로 합성되는 (나)에 이용된다.

### 03 광합성과 사람의 물질대사

광합성에 이용되는 ㉑은 이산화 탄소( $CO_2$ ), 광합성의 생성물인 ㉒은 포도당이다. 따라서 ㉓은 글리코젠이다. 과정 I 은 글리코젠(㉓)이 포도당(㉒)으로 분해되는 과정이고, 과정 II 는 포도당(㉒)이 이산화 탄소(㉑,  $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )로 분해되는 세포 호흡 과정이다.

㉑. 식물에서는 흡수된 빛에너지를 이용하여 포도당(㉒)을 합성하는 광합성이 일어난다. 이 과정에서 빛에너지는 화학 에너지로 전환된다.

㉒. 광합성은 간단하고 작은 물질인 이산화 탄소( $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )이 복잡하고 큰 물질인 포도당으로 전환되는 반응이므로 동화 작용에 해당하고, 글리코젠(㉓)은 포도당(㉒)보다 복잡하고 큰 물질이므로 과정 I 은 이화 작용에 해당한다.

㉓. 사람에서 포도당(㉒)이 이산화 탄소(㉑,  $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )로 분해되는 과정 II 는 세포 호흡이다. 세포 호흡(II)이 일어날 때 ATP가 합성된다.

### 04 세포 호흡

㉑은 아미노산, ㉒은 ADP, ㉓은 ATP이다.

㉑. 단백질의 소화 산물인 ㉑이 세포 호흡에 이용되었을 때 암모니아( $NH_3$ )가 생성되었으므로 ㉑은 아미노산이다. 아미노산(㉑)의 구성 원소에는 질소(N)가 포함된다.

㉒. (나)에서 아데닌과 리보스에 3개의 인산기가 결합한 물질은 ATP이다. (가)에서 ㉒이 ㉓으로 전환될 때 무기 인산이 결합하므로 ㉒은 ㉓보다 인산기의 수가 적은 ADP이고, ㉓은 ATP이다. 따라서 (나)는 ATP(㉓)의 구조를 나타낸 것이다.

㉓. 골격근이 수축할 때 ATP(㉓)가 ADP(㉒)과 무기 인산( $P_i$ )으로 분해되는 과정 I 에서 방출된 에너지가 이용된다.

### 05 광합성과 세포 호흡

식물 세포에서는 광합성과 세포 호흡이 모두 일어나고, 동물 세포에서는 세포 호흡만 일어나므로 ㉑과 ㉒이 모두 일어나는 A는 시금치 잎의 세포이고, B는 사람의 간세포이다. A에서만 일어나는 ㉑은 광합성이고, A와 B 모두에서 일어나는 ㉒은 세포 호흡이다.

㉑. 시금치 잎의 세포에서는 빛에너지를 흡수하여 유기물에 화학 에너지로 저장하는 광합성(㉑)이 일어난다.

㉒. ATP가 ADP와 무기 인산( $P_i$ )으로 분해되는 과정 II 에서 에너지가 방출된다. 이때 방출되는 에너지는 다양한 생명 활동에 이용된다.

㉓. ㉒은 세포 호흡이다. 세포 호흡에서 ADP와 무기 인산( $P_i$ )이 ATP로 합성되는 과정 I 이 일어난다.

## 06 효모의 이산화 탄소 발생 실험

효모에서 포도당이 분해될 때 이산화 탄소가 발생한다. 발효관 내에서 효모에 의해 발생한 이산화 탄소는 맹관부에 모이게 된다. (다)에서 발효관 내 용액의 높이는 ㉠>㉡>㉢이므로 ㉠은 A, ㉡은 C, ㉢은 B이다.

㉠. ㉠은 맹관부에 기체가 모이지 않았으므로 포도당의 분해가 일어나지 않은 A이다.

㉡. (다)의 ㉡(B)에서 맹관부에 기체가 모였으므로 효모에 의해 포도당이 분해되었음을 알 수 있다. 따라서 (다)의 B에 있는 효모에서 이화 작용이 일어났다.

✕. 이산화 탄소를 흡수하는 KOH 수용액을 (다)의 ㉡(B)에 넣으면 맹관부에 모인 이산화 탄소가 흡수되어 발효관 내 용액의 높이(h)는 증가한다.

## 03 물질대사와 건강

### 2점 수능 테스트

본문 35~37쪽

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

### 01 노폐물의 생성과 제거

지방이 물질대사를 통해 분해되면 물과 이산화 탄소가 생성되고, 단백질이 물질대사를 통해 분해되면 물, 이산화 탄소, 암모니아가 생성된다.

㉠. A는 지방, B는 단백질이다.

㉡. ㉠은 이산화 탄소이다. 호흡계를 통해 이산화 탄소가 몸 밖으로 배출된다.

㉢. ㉡은 암모니아이다. 암모니아의 구성 원소에는 질소(N)가 포함되므로 암모니아는 질소 노폐물이다.

### 02 호흡계와 배설계

폐는 호흡계에, 콩팥과 방광은 배설계에 속하므로 (가)는 호흡계, (나)는 배설계이고, A는 폐, B는 콩팥, C는 방광이다.

㉠. 폐로 들어온 외부 공기 중 산소는 폐포에서 모세 혈관으로 이동하고 세포 호흡 결과 생성된 이산화 탄소는 모세 혈관에서 폐포로 이동한다.

㉡. 콩팥에서 오줌이 생성되고 오줌을 통해 노폐물이 배설된다.

㉢. 콩팥에서 생성된 오줌은 방광에 저장된다.

### 03 혈액 순환 경로

㉠은 폐동맥, ㉡은 대동맥이고, A는 간, B는 소장이다.

✕. CO<sub>2</sub>는 모세 혈관에서 폐포로 이동하므로 혈액의 단위 부피당 CO<sub>2</sub>의 양은 폐동맥에서가 대동맥에서보다 많다.

㉠. 간에서 암모니아가 요소로 전환되어 요소가 생성된다.

㉡. 소장에서 포도당, 아미노산, 지방산 등의 영양소가 흡수된다.

### 04 기관계의 통합적 작용

(가)는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 배설계이다.

㉠. 소화계에서 영양소의 소화와 흡수가 일어나고, 영양소의 소화 과정에 소화 효소가 작용한다.

㉡. 기관지는 호흡계에 속하는 기관이다.

㉢. 오줌을 통해 노폐물을 배설하는 (다)는 배설계이다.

### 05 영양소의 소화

소화 과정을 통해 녹말은 포도당으로, 단백질은 아미노산으로 분해된다.

- ㉠. ㉠은 포도당, ㉡은 아미노산이다.
- ㉢. 아미노산이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 물, 이산화 탄소, 암모니아가 생성된다.
- ㉣. 소화 과정에는 소화 효소가 이용된다.

### 06 에너지 대사와 균형

생명 활동을 정상적으로 유지하고 건강한 생활을 하려면 음식물 섭취로부터 얻는 에너지양과 활동으로 소비하는 에너지양 사이에 균형이 잘 이루어져야 한다.

- ✕. 1일 대사량은 기초 대사량과 활동 대사량, 음식물의 소화와 흡수에 필요한 에너지양 등을 더한 값으로 하루 동안 생활하는 데 필요한 총 에너지양이다.
- ㉡. 기초 대사량은 체온 조절, 심장 박동, 혈액 순환, 호흡 활동과 같은 생명 현상을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양이다.
- ㉣. 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많은 상태가 지속되면 체중이 감소하고 영양 부족 상태가 된다.

### 07 소화계, 순환계, 배설계

음식물을 분해하고 영양소를 흡수하는 A는 소화계이고, B는 순환계이다.

- ㉠. 요소의 구성 원소에는 질소(N)가 포함되므로 요소는 질소 노폐물에 해당한다.
- ㉢. 위는 소화계에 속하는 기관이다.
- ㉣. 순환계는 영양소와 O<sub>2</sub>를 조직 세포로 운반한다.

### 08 물질대사와 기관계

- (가)는 소화계, (나)는 배설계이고, ㉠은 포도당, ㉡은 H<sub>2</sub>O이다.
- ㉠. ㉡은 포도당이 세포 호흡을 통해 분해되어 생성된 H<sub>2</sub>O이다.
- ㉢. 소화계에서 영양소의 소화와 흡수가 일어나고, 영양소의 소화는 이화 작용에 해당한다.
- ㉣. 방광은 배설계에 속하는 기관이다.

### 09 소화계

- 소화계에 속하는 기관에는 간, 위, 소장, 대장, 이자 등이 있다.
- ㉠. A는 간, B는 이자, C는 소장이다.
- ㉢. 이자에서 혈당량을 감소시키는 호르몬인 인슐린이 분비된다.
- ㉣. 소장에서 아미노산, 포도당, 지방산 등의 영양소가 흡수된다.

### 10 순환계, 호흡계, 배설계

- 심장은 순환계에, 폐는 호흡계에, 콩팥은 배설계에 속하는 기관이다. 따라서 A는 호흡계, B는 배설계, ㉠은 심장, ㉡은 콩팥이다.
- ㉠. 호흡계에서 O<sub>2</sub>가 흡수되고, O<sub>2</sub>는 순환계를 통해 조직 세포로 운반되어 세포 호흡에 사용된다.
- ㉢. 배설계에서 오줌이 생성되고 오줌을 통해 노폐물이 배설된다.
- ㉣. ㉠은 순환계에 속하는 심장이다.

### 11 세포 호흡과 노폐물 생성

지방산이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O이 생성되고, 아미노산이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>가 생성된다.

- ✕. ㉠이 세포 호흡에 사용되면 NH<sub>3</sub>가 생성되므로 ㉠은 아미노산이다.
- ㉢. 간에서 암모니아가 요소로 전환된다.
- ㉣. 물질대사인 세포 호흡에는 효소가 이용된다.

### 12 당뇨병

대사성 질환은 우리 몸에서 물질대사 장애에 의해 발생하는 질환이다.

- ㉠. 당뇨병은 대사성 질환에 해당한다.
- ✕. 당뇨병은 혈당량이 정상 범위보다 높아 오줌 속에 포도당이 섞여 나오는 질환이다.
- ㉢. 혈당량을 감소시키는 호르몬인 인슐린이 정상적으로 생성되지 못하면 혈당량이 정상 범위보다 높아져 당뇨병이 발생한다.

### 3점 수능 테스트

본문 38~41쪽

- 01 ㉤   02 ㉢   03 ㉠   04 ㉤   05 ㉢   06 ㉤   07 ㉠
- 08 ㉢

### 01 물질대사와 노폐물

포도당이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 이산화 탄소와 물이 생성되고, 아미노산이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 이산화 탄소, 물, 암모니아가 생성된다.

- ㉠. 물질대사에는 물질을 합성하는 동화 작용과 물질을 분해하는 이화 작용이 있다. 단백질이 아미노산으로 분해되는 과정에서 이화 작용이 일어난다.
- ㉢. A는 물, B는 암모니아이다.



㉔ 간은 암모니아를 요소로 전환하는 기관이며, 간은 소화계에 속한다.

## 02 대사성 질환

A는 고혈압, B는 고지혈증, C는 당뇨병이다.

- ㉑ 대사성 질환 중에는 고혈압, 고지혈증, 당뇨병이 있다.  
 ㉒ 혈액 속에 콜레스테롤이나 중성 지방과 같은 지질 성분이 혈관 내벽에 쌓이면 동맥벽의 탄력이 떨어지고 혈관의 지름이 좁아지는 동맥 경화의 원인이 된다.  
 ✕ 인슐린은 혈당량을 감소시키는 작용을 하는 호르몬이다.

## 03 혈액 이동 경로

A는 대정맥, B는 폐정맥, C는 콩팥 정맥, D는 콩팥 동맥이다.

- ㉑ 대정맥은 순환계에 속하는 기관이다.  
 ✕  $O_2$ 는 폐포에서 모세 혈관으로 이동하고, 모세 혈관에서 조직 세포로 이동하므로 혈액의 단위 부피당  $O_2$ 의 양은 대정맥에서가 폐정맥에서보다 적다.  
 ✕ 콩팥에서 생성되는 오줌을 통해 질소 노폐물인 요소가 배설되므로 혈액의 단위 부피당 요소의 양은 콩팥 정맥에서가 콩팥 동맥에서보다 적다.

## 04 기관계의 통합적 작용

A는 배설계, B는 소화계이다.

- ㉑ 콩팥은 배설계에 속하는 기관이다.  
 ㉒ 소화계에 속하는 간에서 요소가 생성되고, 소화계에서 순환계로 이동한 요소는 순환계를 통해 배설계로 이동하므로 ㉑과 ㉒에는 모두 요소의 이동이 포함된다.  
 ㉓ 호흡계를 구성하는 세포에서 세포 호흡이 일어나므로 소화계에서 흡수한 영양소 중 일부는 호흡계에서 사용된다.

## 05 요소 분해 실험

생콩즙에 있는 유레이스는 요소를 분해하는 효소이고, 유레이스에 의해 요소가 분해되면 암모니아가 생성된다.

- ㉑ 생콩즙에는 요소를 분해하는 효소인 유레이스가 있다.  
 ✕ I 과 II에서 생콩즙의 첨가 여부가 다르므로 생콩즙의 첨가 여부는 조작 변인에 해당한다. (나)에서 요소 분해 여부를 확인하였으므로 요소 분해 여부가 종속변인에 해당한다.  
 ㉒ (나)의 I에는 요소가 분해되어 생성된 암모니아기가 있다.

## 06 에너지 대사와 기관계

(가)는 소화계, (나)는 호흡계이고, ㉑은 포도당, ㉒은  $CO_2$ 이다.

- ㉑ 소화계에서 녹말이 포도당으로 분해되고, 포도당이 흡수되

므로 ㉑은 포도당이다.

- ㉒ 호흡계를 통해 세포 호흡 결과 생성된  $CO_2$ 가 몸 밖으로 배출된다.  
 ㉓ 세포 호흡을 통해 생성된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지로 방출된다. 열에너지의 일부는 체온 유지에 이용된다.

## 07 노폐물의 생성과 제거

아미노산이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 암모니아,  $CO_2$ ,  $H_2O$ 이 생성되며, 간에서 암모니아가 요소로 전환된다. 따라서 ㉑은 요소, ㉒은  $CO_2$ 이다.

㉑ 요소의 구성 원소에 질소(N)가 포함되므로 요소는 질소 노폐물이다.

✕ A는 콩팥 동맥으로 들어가는 혈액이고, B는 콩팥 정맥에서 나오는 혈액이며, 콩팥에서 오줌이 생성되고 오줌을 통해 요소가 배설된다. 따라서 단위 부피당 요소의 양은 A에서가 B에서보다 많다.

✕ 콩팥을 구성하는 세포에서 세포 호흡이 일어나므로 단위 부피당  $O_2$ 의 양은 A에서가 B에서보다 많고, 단위 부피당  $CO_2$ 의 양은 A에서가 B에서보다 적다. 따라서 단위 부피당  $\frac{CO_2\text{의 양}}{O_2\text{의 양}}$ 은 A에서가 B에서보다 작다.

## 08 간, 이자, 대장의 특징

간은 암모니아를 요소로 전환하고, 이자는 혈당량을 감소시키는 인슐린을 분비한다.

- ㉑ A는 간, B는 이자이다.  
 ㉒ 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 반응하지 못하면 혈당량이 정상 범위보다 높아져 오줌 속에 포도당이 섞여 나오는 당뇨병이 발생한다.  
 ✕ 대장은 소화계에 속하는 기관이다.

## 04 자극의 전달

### 2점 수능 테스트

본문 52~55쪽

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

#### 01 뉴런의 구조

- ①은 말아집, ②은 축삭 돌기 말단이다.  
 ㉠. X는 골격근에 연결되어 있으므로 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.  
 ㉡. ①은 슈반 세포가 축삭 돌기를 반복적으로 감아 형성된 말아집으로 절연체 역할을 한다.  
 ㉢. 골격근에 연결된 축삭 돌기 말단(㉠)에는 신경 전달 물질인 아세틸콜린이 들어 있는 시냅스 소포가 있다.

#### 02 뉴런의 종류

- A는 감각 기관에 연결된 구심성 뉴런(감각 뉴런)이고, B는 반응 기관에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.  
 ㉠. A는 자극을 연합 뉴런으로 전달하는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이다.  
 X. 자극에 대한 반응이 일어날 때 구심성 뉴런(감각 뉴런)의 람비에 결절인 ㉠에서는 활동 전위가 발생하지만 원심성 뉴런(운동 뉴런)의 축삭 돌기를 둘러싸고 있는 말아집인 ㉡에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.  
 X. 자극에 의해 구심성 뉴런(감각 뉴런)인 A에서 발생한 흥분은 중추 신경계를 구성하는 연합 뉴런으로 전달된 후 반응 기관에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)인 B로 전달된다. 그러므로 A의 축삭 돌기 말단에서 분비된 신경 전달 물질은 중추 신경계를 구성하는 연합 뉴런의 가지 돌기나 신경 세포체의 세포막에 있는 수용체에 결합한다.

#### 03 말아집 뉴런과 민말아집 뉴런

- A는 뉴런의 축삭 돌기가 말아집으로 싸여 있지 않은 민말아집 뉴런이고, B는 뉴런의 축삭 돌기가 말아집으로 싸여 있는 말아집 뉴런이다. ①은 말아집이다.  
 ㉠. 말아집(㉠)을 형성하는 슈반 세포에 핵이 있다.  
 ㉡. 다른 조건은 동일하고 말아집 뉴런에서 흥분은 도약전도에 의해 일어나므로 흥분의 전도 속도는 말아집 뉴런(B)에서가 민말아

집 뉴런(A)에서보다 빠르다.

- X. 흥분은 시냅스 이전 뉴런에서 시냅스 이후 뉴런으로 전달된다. 시냅스 이전 뉴런인 B에 역시 이상의 자극을 주면 시냅스 이후 뉴런인 A에서 활동 전위가 발생하지만, A에서 B로 흥분이 전달되지 않으므로 B에서 활동 전위가 발생하지 않는다.

#### 04 흥분의 전도

- 흥분은 자극을 준 지점에서 양방향으로 전도되며,  $t_1$ 일 때 A와 E는 분극, B는 탈분극, D는 과분극 상태이다.  
 X.  $t_1$ 일 때 B는 탈분극, D는 과분극 상태이므로 자극을 준 지점은 ㉠이다.  
 ㉡.  $t_1$ 일 때 B의 막전위는 +30 mV로 탈분극 상태이다. 그러므로  $t_1$ 일 때 B에서  $Na^+$  통로를 통한  $Na^+$ 의 이동이 일어난다.  
 ㉢. 흥분은 ㉠ → ㉡ 방향으로 전도되고, B는 탈분극, D는 과분극 상태이므로 C에서 재분극이 일어나고 있다. 따라서  $t_1$ 일 때 C에서  $K^+$ 은 세포 안에서 세포 밖으로 확산된다.

#### 05 분극 상태일 때 이온의 분포

- 분극 상태일 때  $Na^+ - K^+$  펌프를 통한 이온의 이동과 소량의  $K^+$  통로를 통한  $K^+$ 의 이동이 일어난다. I은 세포 안, II는 세포 밖이고, ㉠은  $K^+$ , ㉡은  $Na^+$ 이다.  
 X. 분극 상태일 때 소량의  $K^+$ 이  $K^+$  통로를 통해 세포 안에서 세포 밖으로 이동하고,  $Na^+ - K^+$  펌프를 통해  $Na^+$ 이 세포 안에서 세포 밖으로,  $K^+$ 이 세포 밖에서 세포 안으로 이동하므로 I은 세포 안이다.  
 ㉠.  $Na^+ - K^+$  펌프를 통해  $Na^+$ (㉡)이 세포 안에서 세포 밖으로 이동할 때 능동 수송되므로 ATP가 사용된다.  
 ㉢.  $Na^+$ 의 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $K^+$ 의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높으므로 이 지점에서  $\frac{K^+(㉠)의 농도}{Na^+(㉡)의 농도}$ 는 I에서가 II에서보다 크다.

#### 06 이온의 막 투과도

- 역치 이상의 자극을 주었을 때, 막 투과도가 먼저 증가하는 ㉠은  $Na^+$ 이고, 나중에 증가하는 ㉡은  $K^+$ 이다.  
 X. 구간 I은  $Na^+$ (㉠)의 막 투과도가 증가하므로 탈분극이 일어나는 시기이다. 이 시기에는  $Na^+$ 이  $Na^+$  통로를 통해 세포 밖에서 세포 안으로 확산에 의해 이동한다. 그러므로 ATP가 사용되지 않는다.  
 ㉠.  $Na^+$ 의 막 투과도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크고,  $K^+$ 의 막 투과도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다. 그러므로  $\frac{K^+의 막 투과도}{Na^+의 막 투과도}$ 는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

✕.  $K^+$ (㉠)의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다. 따라서  $t_2$  일 때  $K^+$ 의  $\frac{\text{세포 밖의 농도}}{\text{세포 안의 농도}}$ 는 1보다 작다.

## 07 흥분의 전달

시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 분비되어 신경 전달 물질이 시냅스 이후 뉴런의 수용체에 결합하면 시냅스 이후 뉴런에서 탈분극이 일어난다. A는 시냅스 이후 뉴런, B는 시냅스 이전 뉴런, ㉠은 신경 전달 물질, ㉡은 시냅스 소포이다.

✕. 시냅스 이전 뉴런에서 분비된 신경 전달 물질에 의해 시냅스 이후 뉴런의 막에 있는  $Na^+$  통로가 열리고, 이 통로를 통해  $Na^+$ 이 이동하면서 탈분극이 일어나 흥분이 전달된다. 그러므로 ㉡는  $Na^+$ 이다.

㉠. 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에 신경 전달 물질이 들어 있는 ㉡은 시냅스 소포이다.

㉢. 흥분은 시냅스 이전 뉴런(B)에서 시냅스 이후 뉴런(A)으로 전달된다.

## 08 자극에 따른 막전위 변화

자극을 받지 않은 분극 상태일 때 뉴런의 세포막을 경계로  $Na^+$ 의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $K^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다. 그러므로 세포 안이 세포 밖보다 농도가 높은 ㉠은  $K^+$ 이고, 세포 밖이 세포 안보다 농도가 높은 ㉡은  $Na^+$ 이다.

㉠. 구간 I은 자극을 받지 않은 휴지 전위 상태로  $Na^+-K^+$  펌프를 통해  $K^+$ (㉠)은 세포 안으로,  $Na^+$ (㉡)은 세포 밖으로 이동하므로 ㉠과 ㉡은 모두 세포막을 통해 이동한다.

✕. 구간 II에서는 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 탈분극에서의 막전위 상승은  $Na^+$  통로를 통한  $Na^+$ (㉡)의 확산에 의한 유입에 의해 일어난다. 이온 통로를 통해 이동하는  $K^+$ (㉠)에 의한 막전위 변화는 재분극에서 일어난다.

㉢. 구간 III에서는 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다.  $Na^+$ (㉡)의 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높으므로 구간 III에서

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

## 09 흥분의 전도와 전달

A는 민말이집 뉴런이고, 지점 P에서 Q까지 흥분의 전도가 일어난다. B는 말이집 뉴런이고, 지점 P에서 Q까지 흥분의 전도가 일어난다. C는 2개의 뉴런이 시냅스를 이루고 있다. I은 B에서의 막전위 변화이고, II는 A에서의 막전위 변화이다.

㉠. 흥분 전도 속도는 말이집 뉴런이 민말이집 뉴런보다 빠르므로 (나)의 II는 A에서의 막전위 변화이다.

✕. 구간 ㉠은 재분극 과정에서의 과분극에 해당한다. 재분극이 일어날 때는  $K^+$  통로를 통해  $K^+$ 이 세포 안에서 세포 밖으로 확산에 의해 이동한다.  $K^+$ 의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높으므로 ㉠에서  $K^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다.

✕. 흥분의 전달은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 시냅스 이후 뉴런의 가지 돌기나 신경 세포체 방향으로 일어난다. 지점 P에 역치 이상의 자극을 주어도 흥분은 지점 Q가 있는 뉴런으로 전달되지 않으므로 Q에서는 활동 전위가 발생하지 않는다. 따라서 A와 B에 자극을 준 동일한 시점에 C의 P에 자극을 주더라도  $t_2$  이후에 C의 Q에서 활동 전위가 발생하지 않는다.

## 10 이온의 막 투과도

역치 이상의 자극을 주었을 때, 막 투과도가 먼저 증가하는 ㉠은  $Na^+$ 이고, 나중에 증가하는 ㉡은  $K^+$ 이다. 탈분극이 일어날 때  $Na^+$  통로를 통해  $Na^+$ 이 세포 밖에서 세포 안으로 이동한다.

✕. 이온 통로를 통해 세포 밖에서 세포 안으로 확산에 의해 이동하는 ㉡는  $Na^+$ 이므로 ㉡는 ㉠이다.

㉢.  $t_1$ 은  $Na^+$ (㉡)의 막 투과도가 증가하는 시점으로 탈분극이 일어난다. 따라서  $Na^+$ 이 세포 밖에서 세포 안으로 확산에 의해 이동하는 (나)가 일어난다.

✕.  $Na^+$ 의 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $K^+$ 의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다. 따라서  $t_2$ 일 때 이온의  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 ㉠( $K^+$ )이 ㉡( $Na^+$ )보다 크다.

## 11 흥분의 전도와 막전위 변화

말이집 뉴런에서 활동 전위의 발생은 랭비에 결절에서 일어나며, 말이집에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

㉠. 말이집 뉴런에서는 랭비에 결절에서만 활동 전위가 발생하는 도약전도가 일어나므로 (나)는 A에서의 막전위 변화이다.

✕. 구간 I은 막전위가 휴지 전위(-70 mV)인 분극 상태이므로  $Na^+-K^+$  펌프에 의해  $Na^+$ 과  $K^+$ 의 이동이 일어난다.

㉢.  $t_1$ 일 때는 탈분극 상태이다.  $Na^+$ 의 농도는 항상 세포 밖에서 세포 안에서보다 높다.

## 12 흥분의 전도와 전달

흥분의 전도는 양방향으로 진행되지만 흥분의 전달은 시냅스 이전 뉴런에서 시냅스 이후 뉴런으로만 진행된다. A~C 중 한 지점에서는 활동 전위가 발생하지 않으므로 B에 역치 이상의 자극이 주어졌고, ㉠은 B에서의 막전위 변화, ㉡은 C에서의 막전위 변화, ㉢은 A에서의 막전위 변화이다.

✕. 자극을 준 지점은 B이고, B에서 발생한 흥분은 A로 이동할 수 없으므로 A에서는 막전위 변화가 일어나지 않는다. 따라서 ㉠

은 C에서의 막전위 변화이다.

✕.  $t_1$ 일 때 B는 휴지 전위 상태이고, 세포막에 있는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 의 이동이 일어나고 있다.

㉔.  $t_1$ 일 때 C(㉔)에서는 탈분극이 일어나고 있으므로  $\text{Na}^+$  통로를 통한  $\text{Na}^+$ 의 이동이 일어난다.

### 13 골격근의 구조

골격근은 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되어 있고, 근육 섬유 다발은 여러 개의 근육 섬유로 구성된다. 근육 섬유는 미세한 여러 개의 근육 원섬유로 구성되어 있고, 근육 원섬유는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트로 구성되어 있다. Z선과 Z선 사이를 근육 원섬유 마디라고 한다. ㉑은 암대의 일부분이고, ㉒은 명대이다.

㉑. 여러 개의 근육 원섬유로 구성되어 있는 (가)는 근육 섬유이다. 근육 섬유는 여러 개의 핵이 있는 다핵 세포이다.

㉒. ㉑은 A대의 일부분으로 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 모두 있다.

✕. ㉒은 명대인 I대이다.

### 14 근육 원섬유의 구조

근육 원섬유는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트로 구성되어 있으며, 근육 원섬유에서 Z선과 Z선 사이를 근육 원섬유 마디라고 한다. ㉑은 액틴 필라멘트, ㉒은 마이오신 필라멘트이고, ㉓는 A대, ㉔는 I대이다.

㉑. ㉓는 어둡게 관찰되는 A대이고, ㉔는 액틴 필라멘트로만 이루어져 밝게 관찰되는 I대이다.

㉒. 근육이 수축할 때 I대(㉔)와 H대의 길이는 감소한다.

㉓. 근육이 이완할 때 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트의 길이는 변하지 않으므로  $\frac{\text{㉑의 길이}}{\text{㉒의 길이}}$ 는 이완하기 전과 동일하다.

### 15 근육 원섬유의 단면

㉑은 I대의 단면, ㉒은 A대 중 H대를 제외한 부분의 단면, ㉓은 H대의 단면이다. ㉔는 액틴 필라멘트이고, ㉕는 마이오신 필라멘트이다.

㉑. 상대적으로 굵기가 얇은 ㉔는 액틴 필라멘트이다.

✕. 근육이 수축되어 X의 길이가 최대로 짧아져도 ㉕(마이오신 필라멘트)의 길이는 변하지 않는다.

㉓. 근육이 이완할 때 X에서 단면이 ㉑과 같은 부분의 전체 길이는 증가하고, X에서 단면이 ㉒과 같은 부분의 전체 길이는 감소

하므로  $\frac{\text{X에서 단면이 ㉑과 같은 부분의 전체 길이}}{\text{X에서 단면이 ㉒과 같은 부분의 전체 길이}}$ 는 커진다.

### 16 근육의 수축과 이완 시 근육 원섬유 마디의 변화

㉑은 마이오신 필라멘트만 있는 부분으로 H대이고, ㉒은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분으로 A대의 일부이다.

㉑.  $t_1$ 일 때 ㉑의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$ 이다.  $t_2$ 일 때 ㉒의 길이(㉓)는  $t_1$ 일 때 ㉒의 길이보다  $0.2 \mu\text{m}$  감소하므로  $t_1$ 일 때 ㉑의 길이와 ㉓는 모두  $0.4 \mu\text{m}$ 이다.

㉒.  $t_2$ 일 때 ㉑의 길이는  $0.8 \mu\text{m}$ 이고, ㉒의 길이가  $0.4 \mu\text{m}$ 이므로  $1.0 \mu\text{m}$ 에서 ㉒의 길이를 뺀 값은  $0.6 \mu\text{m}$ 이다. 따라서  $t_2$ 일 때 액틴 필라멘트만 있는 부분의 전체 길이는  $1.2 \mu\text{m}$ 이다.

✕. 근육이 수축하거나 이완할 때 A대의 길이는 항상 일정하므로 A대의 길이는  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같다.

### 3점 수능 테스트

본문 56~62쪽

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

### 01 흥분의 전도

막전위 변화는 탈분극 상태 이후 과분극 상태가 된다. (가)에서  $d_2$ 의 막전위가  $-80 \text{ mV}$ 이고,  $d_3$ 의 막전위가  $+10 \text{ mV}$ 이므로 흥분은 P에서 Q 방향으로 전도된다.  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프는 ATP를 소모하며  $\text{Na}^+$ 을 세포 안에서 세포 밖으로,  $\text{K}^+$ 을 세포 밖에서 세포 안으로 이동시킨다. 그러므로 ㉑은 세포 안, ㉒은 세포 밖이다.

㉑. 역치 이상의 자극이 가해지면 탈분극 이후 과분극이 일어나므로 자극을 준 지점은 P이다.

㉒. P에서  $d_2$ 까지의 거리는  $4 \text{ cm}$ 이고,  $d_2$ 의 막전위가  $-80 \text{ mV}$ 이다.  $-80 \text{ mV}$ 는 자극이 도달한 후  $3 \text{ ms}$ 가 지난 시점의 막전위이므로 흥분이 P에서  $d_2$ 까지 이동하는 데 걸리는 시간은  $2 \text{ ms}$ 이다. 따라서 흥분 전도 속도는  $2 \text{ cm/ms}$ 이다.

㉓. P에서  $d_3$ 까지의 거리는  $6 \text{ cm}$ 이므로 흥분이  $d_3$ 까지 이동하는 데 걸리는 시간은  $3 \text{ ms}$ 이다. ㉔가  $4 \text{ ms}$ 일 때  $d_3$ 에서는 흥분이 도달한 후  $1 \text{ ms}$ 가 지난 시점의 막전위가 형성되므로  $d_3$ 에서는 탈분극이 일어난다. 탈분극이 일어날 때 막전위는  $\text{Na}^+$ 의 세포 밖(㉒)에서 세포 안(㉑)으로의 이동에 의해 나타난다.

### 02 자극에 따른 막전위 변화와 이온의 막 투과도

뉴런에 역치 이상의 자극을 주었을 때  $\text{Na}^+$  통로를 통한  $\text{Na}^+$ 의 막

투과도가 증가하며 탈분극이 일어나 활동 전위가 발생하고,  $K^+$  통로를 통한  $K^+$ 의 막 투과도의 증가에 의해 재분극이 일어나게 된다. ㉠은  $Na^+$ , ㉡은  $K^+$ 이다.

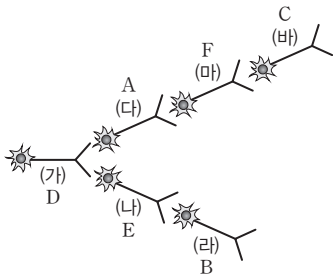
㉠  $Na^+$ 과  $K^+$ 의 막 투과도는 모두  $t_2$ 에서가  $t_1$ 에서보다 크지만  $K^+$ 의 막 투과도 차이보다  $Na^+$ 의 막 투과도 차이가 더 크므로  $\frac{K^+ \text{의 막 투과도}}{Na^+ \text{의 막 투과도}}$ 는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

✗.  $t_2$ 일 때 ㉠의 막 투과도가 높게 나타나므로 이온 통로를 통한 ㉠의 이동이 일어난다.

✗.  $Na^+$ 의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $K^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다. 그러므로  $t_3$ 일 때  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는  $K^+$  (㉡)이  $Na^+$ (㉠)보다 크다.

### 03 흥분의 전달

자극을 받은 뉴런과 함께 활동 전위가 발생하는 뉴런들은 자극을 받은 뉴런의 시냅스 이후 뉴런이거나 그 뉴런 다음에 연결된 뉴런이다. D를 자극하면 A~F에서 모두 활동 전위가 발생하므로 D는 (가)이다. A를 자극하면 A, C, F에서 활동 전위가 발생하고, C를 자극하면 C에서만 활동 전위가 발생하며, F를 자극하면 C와 F에서 활동 전위가 발생한다. 또한 B를 자극하면 B에서만 활동 전위가 발생하고, E를 자극하면 B와 E에서 활동 전위가 발생한다. 그러므로 A → F → C로 흥분이 전달되고, E → B로 흥분이 전달된다. 따라서 뉴런의 연결 상태는 다음과 같다.



✗. (다)는 (마)와, (마)는 (바)와 각각 시냅스를 이루고 있으므로 (다)를 자극하면 3개의 뉴런에서 활동 전위가 발생해야 한다. 그러므로 (다)는 A이다.

㉡. A를 자극하면 A, C, F에서 활동 전위가 발생하고, F를 자극하면 C와 F에서 활동 전위가 발생하며, C를 자극하면 C에서만 활동 전위가 발생하므로 A와 F는 시냅스로 연결되어 있다.

✗. E에서 발생한 흥분은 B로 전달되지만 D로 전달되지 않으므로 D에서 활동 전위가 발생하지 않는다.

### 04 말미집 뉴런과 흥분의 전도

말미집 뉴런에서 말미집으로 싸여 있는 부분에서는 흥분이 발생

하지 않고 말미집으로 싸여 있지 않은 부분에서는 흥분이 발생한다. 그러므로 I은 말미집으로 싸여 있는 부분, II는 말미집으로 싸여 있지 않은 부분이다.

✗. 구심성 뉴런(감각 뉴런)은 신경 세포체가 축삭 돌기의 중간 부분에 있으므로 (가)는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

㉡. I은 말미집으로 싸여 있는 부분이다.

㉢. II는 말미집으로 싸여 있지 않은 부분으로 흥분의 전도가 일어날 때 활동 전위가 발생한다.

### 05 흥분의 전도와 전달

흥분의 전도는 양방향으로 일어나고, 흥분의 전달은 축삭 돌기 말단에서 가지 돌기 방향으로만 일어난다.

✗. 동일한 거리에 위치한 지점으로의 흥분 이동에서 흥분의 전도는 전달보다 빠르게 일어난다. 그러므로 ㉠은 A에서의 막전위 변화, ㉡은 C에서의 막전위 변화이다.

㉢.  $t_1$ 일 때 B는 분극 상태이다. 분극 상태에서는  $Na^+ - K^+$  펌프에 의해  $Na^+$ 이 세포 안에서 세포 밖으로,  $K^+$ 이 세포 밖에서 세포 안으로 이동한다.

㉢.  $t_1$ 일 때 C는 재분극 상태이다.  $K^+$ 의 농도는 항상 세포 안에서가 세포 밖에서보다 높다.

### 06 흥분의 전도

뉴런의 축삭 돌기에 역치 이상의 자극이 주어지면 분극 상태 → 탈분극 상태 → 재분극 상태 → 분극 상태가 된다. 과분극일 때 막전위는  $-80 \text{ mV}$ 이고, 흥분이 지나 온 인접 부위는 분극 상태가 된다. 만일  $d_2$ 의 막전위가  $-70 \text{ mV}$ ,  $d_4$ 의 막전위가  $+10 \text{ mV}$ 라면 자극을 준 지점은 ㉠이어야 하고  $d_1$ 의 막전위는  $-60 \text{ mV}$ 가 아닌  $-70 \text{ mV}$ 이어야 한다. 그러므로 자극을 준 지점은 ㉡이다. ㉠.  $d_2$ 의 막전위가  $-70 \text{ mV}$ 라면  $d_1$ 의 막전위는  $-60 \text{ mV}$ 가 될 수 없으므로  $d_2$ 의 막전위는  $+10 \text{ mV}$ ,  $d_4$ 의 막전위는  $-70 \text{ mV}$ 이다. 따라서 자극을 준 지점은 ㉡이다.

✗.  $d_2$ 의 막전위는  $+10 \text{ mV}$ ,  $d_4$ 의 막전위는  $-70 \text{ mV}$ 이므로 ㉢은  $d_4$ 이고, ㉣은  $d_2$ 이다.

✗. 흥분은 ㉡에서 ㉠ 방향으로 전도되고,  $d_2$ 의 막전위가  $+10 \text{ mV}$ 이므로  $d_1$ 의 막전위인  $-60 \text{ mV}$ 는 탈분극에 의한 막전위에 해당한다. 그러므로  $t_1$ 일 때  $d_1$ 에서 탈분극이 일어난다.

### 07 흥분의 전도

㉠이  $4 \text{ ms}$ 일 때 I에서의 막전위는 A가  $-60 \text{ mV}$ 이고, B가  $+10 \text{ mV}$ 이므로 B의 흥분 전도 속도는 A의 흥분 전도 속도보다  $1 \text{ cm/ms}$  빠르다. 또한 II에서의 막전위는 A가  $-80 \text{ mV}$ 이고, C가  $+10 \text{ mV}$ 이므로 A의 흥분 전도 속도는 C의 흥분 전

도 속도보다 1 cm/ms 빠르다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms, B의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms, C의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이다.

㉠. ㉠이 4 ms일 때 I에서의 막전위는 A가 -60 mV이므로 I은  $d_3$ 이다. II에서의 막전위는 A가 -80 mV이므로 II는  $d_1$ 이다. III에서 B의 막전위가 -10 mV이므로 III은  $d_4$ 이다. 따라서 IV는  $d_2$ 이다.

㉡. ㉠이 4 ms일 때 B의  $d_3$ 에서의 막전위가 +10 mV이므로 B의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms이다.

㉢. A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이고, C의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이다. ㉠이 5 ms일 때 A의  $d_4$ 에서와 C의  $d_2$ 에서 모두 흥분이 도달하고 1 ms가 지난 시점이므로 A의  $d_4$ 와 C의  $d_2$ 에서의 막전위는 모두 -60 mV로 탈분극이 일어난다.

### 08 골격근의 수축

근육 원섬유 마디 X의 길이가  $d$ 만큼 증가할 때, ㉠의 길이는  $\frac{d}{2}$ 만큼, ㉡의 길이는  $d$ 만큼 증가하고, ㉢의 길이는  $\frac{d}{2}$ 만큼 감소한다.

㉠. 시점  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 X의 길이는  $0.8 \mu\text{m}$  증가했는데, ㉡의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$  감소했으므로 ㉡는 ㉢이다.

㉡. X의 길이가  $2.2 \mu\text{m}$ 일 때 ㉠의 길이가  $0.7 \mu\text{m}$ 이고, A대의 길이가  $1.6 \mu\text{m}$ 이므로 ㉠의 길이는  $0.3 \mu\text{m}$ , ㉡의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$ 이다. 따라서 X의 길이가  $2.6 \mu\text{m}$ 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이는 모두  $0.5 \mu\text{m}$ 이다.

㉢. X의 길이가  $3.0 \mu\text{m}$ 일 때, ㉡의 길이는  $1.0 \mu\text{m}$ 이다.

$\frac{\text{㉠의 길이} + \text{㉡의 길이}}{\text{㉡의 길이}}$ 는  $t_1$ 일 때가  $\frac{0.3 + 0.7}{0.2} = \frac{1.0}{0.2}$ 이고,  $t_2$ 일 때가  $\frac{0.7 + 0.3}{1.0} = \frac{1.0}{1.0}$ 이다.

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

### 09 흥분의 전도와 전달

㉡가 4 ms일 때 자극을 준 지점인  $d_2$ 의 막전위는 A와 B에서 모두 -70 mV이다. 그러므로 III은  $d_2$ 이다. A의 흥분 전도 속도가 2 cm/ms이므로 시냅스가 없다면  $d_1$ 과  $d_3$ 에서의 막전위는 모두 -80 mV이다. 또한 B의 흥분 전도 속도가 1 cm/ms이므로 시냅스가 없다면  $d_1$ 과  $d_3$ 에서의 막전위는 모두 +10 mV이다. A에서 I의 막전위는 -60 mV이고, B에서 I의 막전위는 +10 mV이므로 I은  $d_3$ , IV는  $d_1$ , II는  $d_4$ 이다.

㉠. ㉡가 4 ms일 때 A의  $d_1$ 에서 막전위는 흥분이 도달한 후 3 ms가 지난 시점이므로 -80 mV이다. 그러므로 IV는  $d_1$ 이다.

㉡. ㉡가 4 ms일 때 A의  $d_1$ 에서 막전위는 -80 mV이고  $d_3$ 에

서 막전위는 -60 mV이므로,  $d_2$ 와  $d_3$  사이에 시냅스가 있다.

✕. ㉡가 4 ms일 때 B의  $d_1$ 과  $d_3$ 에서 막전위는 모두 +10 mV이므로  $d_2$ 와  $d_3$  사이에 시냅스는 없다. 그러므로 ㉡가 3 ms일 때 B의 I에서 막전위는 흥분이 도달한 후 1 ms가 지난 시점이므로 탈분극이 일어나고 있다.

### 10 골격근의 수축과 이완

㉡는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분인 ㉢이고, ㉠는 액틴 필라멘트만 있는 부분인 ㉡이며, ㉢는 마이오신 필라멘트만 있는 부분인 ㉠이다.

㉠. 전자 현미경을 이용하여 근육 원섬유 마디를 관찰했을 때 마이오신 필라멘트가 존재하는 A대는 어렵게 보이고, 액틴 필라멘트만 존재하는 I 대는 밝게 보인다. ㉡(㉢)는 A대의 일부에 해당하고, ㉠(㉡)는 I 대의 일부에 해당하므로 ㉡는 ㉠보다 어렵게 보인다.

✕. 근육 원섬유 마디 X의 길이가  $d$ 만큼 감소할 때, ㉢(㉠)의 길이는  $d$ 만큼 감소하고, ㉡(㉢)의 길이는  $\frac{d}{2}$ 만큼 증가하므로 X가 수축하는 과정에서  $\frac{\text{㉢의 길이}}{\text{㉡의 길이}}$ 는 작아진다.

✕. X의 길이가  $0.4 \mu\text{m}$  길어지면 ㉠(㉡)의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$  증가하고, ㉢(㉠)의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$  증가하므로 ㉠(㉡)의 길이와 ㉢(㉠)의 길이를 더한 값은  $0.6 \mu\text{m}$  길어진다.

### 11 골격근의 수축과 이완

$t_1, t_2, t_3$ 일 때 모두 ㉡의 길이 > 0이다. 만일 ㉡가 ㉢이라면  $t_3$ 일 때 ㉡의 길이가  $0.8 \mu\text{m}$ 이므로 ㉡의 길이는 0이 된다. 따라서 ㉡는 ㉠이고, ㉡는 ㉢이다.

㉠. ㉡는 ㉢이다.

㉡.  $t_1$ 일 때 ㉠의 길이는  $0.6 \mu\text{m}$ , ㉢의 길이는  $0.4 \mu\text{m}$ 이고, 마이오신 필라멘트의 길이가  $1.6 \mu\text{m}$ 이므로 X의 길이는  $2.8 \mu\text{m}$ 이다.  $t_2$ 일 때 ㉢의 길이는  $0.7 \mu\text{m}$ 이므로 X의 길이는  $t_1$ 일 때보다  $0.6 \mu\text{m}$  감소했다. 근육 원섬유 마디 X가 수축할 때 ATP가 소모되므로  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 ATP에 저장된 에너지가 사용된다.

㉢.  $t_1 \sim t_3$ 일 때 ㉠~㉡의 길이와 X의 길이는 다음과 같다.

(단위:  $\mu\text{m}$ )

시점	㉠(㉡)의 길이	㉢(㉠)의 길이	㉡의 길이	X의 길이
$t_1$	0.6	0.4	0.8	2.8
$t_2$	0.3	0.7	0.2	2.2
$t_3$	0.8	0.2	1.2	3.2

㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은  $t_2$ 일 때가  $0.9 \mu\text{m}$ 이고,  $t_3$ 일 때가  $1.4 \mu\text{m}$ 이다. 따라서 ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $0.5 \mu\text{m}$  길다.

## 12 골격근의 수축과 이완

A는 ㉠의 단면, B는 ㉡의 단면, C는 ㉢의 단면이다.  $t_2$ 에서  $t_3$ 으로 될 때 단면이 A와 같은 부분의 전체 길이가  $0.4 \mu\text{m}$  감소하므로  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $2.4 \mu\text{m}$ 이다.  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 단면이 B와 같은 부분의 전체 길이가  $0.2 \mu\text{m}$  증가하므로  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $2.2 \mu\text{m}$ 이다.

㉠. X의 길이가  $2.4 \mu\text{m}$ 인  $t_2$ 일 때 단면이 A와 같은 부분의 전체 길이가  $1.2 \mu\text{m}$ 이므로 X의 길이가  $2.2 \mu\text{m}$ 인  $t_1$ 일 때 단면이 A와 같은 부분의 전체 길이는  $1.4 \mu\text{m}$ 이다.  $t_1$ 일 때 A와 같은 부분의 전체 길이가  $1.4 \mu\text{m}$ 이고, 단면이 B와 같은 부분의 전체 길이가  $0.6 \mu\text{m}$ 이므로 ㉠의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$ 이고, ㉡의 길이는  $0.7 \mu\text{m}$

이며, ㉢의 길이는  $0.3 \mu\text{m}$ 이다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\frac{\text{㉡의 길이}}{\text{㉠의 길이} + \text{㉢의 길이}} = \frac{0.7}{0.2 + 0.7} = \frac{1}{3}$ 이다.

✕.  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $2.2 \mu\text{m}$ 이고,  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $2.4 \mu\text{m}$ 이므로 X의 길이는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다  $0.2 \mu\text{m}$  길다.

✕.  $t_3$ 일 때 단면이 B와 같은 부분의 전체 길이가  $1.2 \mu\text{m}$ 이므로 단면이 C와 같은 부분의 전체 길이는  $0.8 \mu\text{m}$ 이다.

## 05 신경계

### 2점 수능 테스트

본문 69~72쪽

- 01 ㉡ 02 ㉣ 03 ㉣ 04 ㉡ 05 ㉠ 06 ㉢ 07 ㉡  
08 ㉤ 09 ㉠ 10 ㉢ 11 ㉤ 12 ㉠ 13 ㉣ 14 ㉢  
15 ㉤ 16 ㉡

### 01 신경계

㉠은 뇌, ㉡은 구심성 신경(감각 신경), ㉢은 체성 신경이다.

✕. 중추 신경계인 뇌(㉠)와 척수에는 연합 뉴런이 존재한다. 뇌 신경은 뇌와 연결된 말초 신경인 구심성 신경(감각 신경)과 원심성 신경(운동 신경)이다.

✕. ㉡은 구심성 신경(감각 신경)이다. 파킨슨병은 중추 신경계에 작용하는 신경 전달 물질 중 도파민의 분비 이상으로 몸이 경직되고 자세가 불안정해지는 질환이다.

㉢. ㉢은 중추 신경계의 명령을 골격근에 전달하는 체성 신경이다.

### 02 신경계의 구성

㉠은 뇌 신경, ㉡은 뇌, ㉢은 척수이다.

✕. 동공 확장에 관여하는 원심성 신경(운동 신경)은 교감 신경이다. 교감 신경은 척수와 연결된 척수 신경에 해당한다.

㉣. 중추 신경계인 뇌(㉡)를 구성하는 뉴런은 연합 뉴런이다.

㉤. 척수(㉢)는 무릎 반사, 회피 반사, 배변·배뇨 반사의 중추이다.

### 03 중추 신경계

A는 간뇌, B는 중간뇌, C는 척수, D는 대뇌이다.

✕. 뇌줄기는 대뇌(D), 소뇌, 간뇌(A)를 제외한 중간뇌(B), 뇌교, 연수로 이루어진다.

㉣. 부교감 신경은 중간뇌(B), 연수, 척수(C)에서 뻗어 나오는 원심성 신경(운동 신경)이다.

㉤. 대뇌(D)의 겉질은 신경 세포체가 모인 회색질이다.

### 04 대뇌 겉질의 기능

㉠은 좌측 대뇌 겉질(운동령)에서 손가락에 연결된 부위, ㉡은 우측 대뇌 겉질(감각령)에서 무릎에 연결된 부위, ㉢은 우측 대뇌 겉질(감각령)에서 입술에 연결된 부위이다.

✕. 신경은 연수에서 좌우 교차되기 때문에 좌반구는 몸의 오른쪽을, 우반구는 몸의 왼쪽을 담당한다. 그러므로 좌측 대뇌 겉질(운동령)에서 손가락에 연결된 부위인 ㉠에 역시 이상의 자극을 주면

오른손의 손가락이 움직인다.

- ✗. 무릎 반사의 조절 중추는 척수이므로 우측 대뇌 결질(감각령)에서 무릎에 연결된 부위인 ㉠이 손상되면 왼쪽 무릎의 감각은 느낄 수 없지만 왼쪽 다리에서 척수에 의한 무릎 반사는 일어난다.
- ㉡. ㉡은 우측 대뇌 결질(감각령)에서 입술에 연결된 부위이므로 ㉡이 손상되면 입술 왼쪽 부위에서 감각을 느끼지 못한다.

### 05 중추 신경계의 기능

- (가)는 연수의 기능이 상실된 환자이고, (나)는 대뇌의 기능이 상실된 환자이다.
- ㉠. 동공 반사의 조절 중추는 중간뇌이다. (가)는 중간뇌의 기능이 정상이므로 동공 반사가 일어난다.
- ✗. 체온 조절 중추는 간뇌이다. (나)는 간뇌의 기능이 정상이므로 체온 조절이 가능하다.
- ✗. 자발적인 호흡은 연수와 뇌교에 의해 일어난다. (가)는 연수의 기능이 상실되었지만 (나)는 연수의 기능이 정상이므로 (가)가 (나)보다 생명 유지를 위해 인공 호흡기가 필요하다.

### 06 척수

- X는 척수이고, A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 척수의 결질이다.
- ㉠. X(척수)는 손가락 끝이 압정에 찔렸을 때 무의식적으로 팔을 들어 올리는 반응인 회피 반사의 중추이다.
- ㉡. A는 척수의 등 쪽으로 들어가는 구심성 뉴런(감각 뉴런)으로 후근을 구성한다.
- ✗. 척수의 결질(B)은 주로 축삭 돌기로 이루어진 백색질이다.

### 07 무조건 반사

- 압정에 손이 찔렸을 때 척수에 의해 무의식적으로 손을 드는 회피 반사가 일어난다. A는 연합 뉴런, B는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이고, ㉠은 골격근이다.
- ✗. A는 중추 신경계인 척수를 구성하는 연합 뉴런이다. 척수 신경은 척수에 연결된 구심성 뉴런(감각 뉴런)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.
- ㉡. B는 반응기인 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)이므로 전근을 통해 나온다.
- ✗. 회피 반사에 의해 손을 드는 ㉡가 일어나는 동안 골격근(㉠)의 근육 원섬유 마디의 길이는 감소한다. 근육 원섬유 마디의 길이가  $d$ 만큼 감소하면 A대의 길이는 변함이 없고, I대의 길이와 H대의 길이는 모두  $d$ 만큼 감소한다. A대의 길이는 마이오신 필라멘트의 길이와 같다. 따라서 ㉡가 일어날 때 ㉠의 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트의 길이는 커진다.  
H대의 길이+I대의 길이

### 08 자율 신경계

- 눈에서의 동공 반사의 조절 중추는 중간뇌이고, 방광의 수축과 확장 조절 중추는 척수이다. 동공 반사에 관여하는 교감 신경은 척수에서 뻗어 나오고, 부교감 신경은 중간뇌에서 뻗어 나오므로 A는 부교감 신경이다. B는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길기 때문에 부교감 신경이다. ㉠은 눈이고, ㉡은 방광이다.
- ㉠. 눈에서의 동공 반사에 관여하는 부교감 신경은 중간뇌에서 뻗어 나오고, 방광의 수축과 확장에 관여하는 자율 신경은 모두 척수에서 뻗어 나오므로 ㉠은 눈이다.
- ㉡. 눈에 연결된 A는 중간뇌에서 뻗어 나오므로 부교감 신경이다. 따라서 A는 ㉡에 신경절이 있다.
- ㉢. B는 부교감 신경이므로 B가 흥분하면 방광(㉢)이 수축한다.

### 09 말초 신경계

- A는 CO<sub>2</sub> 농도 변화 수용기에서 CO<sub>2</sub> 농도의 변화에 대한 정보를 연수로 전달하는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이고, B는 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런, C는 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이다.
- ㉠. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이므로 말초 신경계에 속한다.
- ✗. ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 말단이므로 ㉠에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이고, ㉡은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 말단이므로 ㉡에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.
- ✗. C는 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이다. C의 신경 세포체는 척수의 회색질에 존재한다.

### 10 신경계

- A는 연수, B는 척수이고, ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉡은 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런, ㉢은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉣은 체성 신경을 구성하는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.
- ㉠. ㉠은 위에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런이므로 ㉠의 신경 세포체는 연수(A)에 있다.
- ㉡. 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(㉡)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)(㉣)의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 모두 아세틸콜린이다.
- ✗. 교감 신경의 신경절 이전 뉴런(㉢)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)(㉣)은 모두 전근을 통해 나온다.

### 11 중추 신경계의 기능

- ‘뇌 신경이 나온다.’는 연수와 중간뇌가 가지는 특징이고, ‘동공의 크기를 조절하는 자율 신경이 나온다.’는 중간뇌와 척수가 가지는 특징이다. 그러므로 A는 척수, B는 연수, C는 중간뇌이다.



- ㉠ '동공의 크기를 조절하는 자율 신경이 나온다.'는 중간뇌와 척수가 가지는 특징이므로 ㉠은 '○'이다.
- ㉡ A는 척수이다. 척수는 무릎 반사, 회피 반사, 배변·배뇨 반사 등의 조절 중추이다.
- ㉢ 뇌줄기는 대뇌, 소뇌, 간뇌를 제외한 연수(B), 뇌교, 중간뇌(C)로 이루어진다.

## 12 무릎 반사의 경로

무릎 반사는 척수가 중추인 척수 반사이다. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 대뇌로 연결되는 뉴런, C는 연합 뉴런, D는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

- ㉠ 감각기로부터 전달된 역치 이상의 자극은 연합 뉴런인 C 뿐만 아니라 대뇌로 연결되는 뉴런인 B로도 전달된다.
- ㉡ C는 연합 뉴런이고, D는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이므로 D만 말초 신경계에 속한다.
- ㉢ ㉠이 일어나는 동안 ㉡은 이완한다. 근육의 이완과 수축이 일어날 때 근육 원섬유 마디에서 액틴 필라멘트의 길이와 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.

## 13 방광의 수축과 확장

A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 요도의 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런), C는 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다.

- ㉠ 척수에 연결된 구심성 뉴런(감각 뉴런)의 신경 세포체는 척수의 회색질이 아닌 후근에 위치한다.
- ㉡ 원심성 뉴런(운동 뉴런)(B)에서 활동 전위 발생 빈도가 증가하면 요도의 골격근이 수축한다.
- ㉢ 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런인 C의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질 분비가 촉진되면 방광이 수축한다.

## 14 자율 신경계의 기능

심장 박동과 위 운동을 조절하는 중추는 모두 연수이다. 심장 박동의 축진은 교감 신경에 의해, 위 운동의 축진은 부교감 신경에 의해 일어난다. 교감 신경은 척수에 연결되어 있으며, 위와 연결된 부교감 신경은 연수에 연결되어 있다. A는 척수, B는 연수이고, ㉠은 교감 신경, ㉡은 부교감 신경이다.

- ㉠ 심장 박동 축진에 관여하는 자율 신경은 교감 신경이고, 교감 신경은 척수에서 뻗어 나오므로 A는 척수이다.
- ㉡ 심장 박동의 축진은 교감 신경에 의해 일어나므로 ㉠은 교감 신경이다.
- ㉢ 교감 신경(㉠)의 신경절 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단과 부교감 신경(㉡)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

## 15 신경의 교차

연수에서 대뇌와 척수를 연결하는 신경 다발의 좌우 교차가 일어난다. 그러므로 몸의 오른쪽에서 오는 촉각 자극은 대뇌의 좌반구로 전달되고, 왼쪽 다리의 의식적인 반응은 대뇌의 우반구에 의해 통제된다.

- ㉠ A는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이고, C는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이므로 모두 말초 신경계에 속한다.
- ㉡ 오른손의 촉각 자극을 전달하는 신경은 연수에서 교차된다.
- ㉢ B가 손상되면 대뇌의 우반구 운동령의 명령이 왼쪽 다리로 전달되지 않으므로 의식적으로 왼발을 앞으로 내딛지 못한다.

## 16 신경계 이상과 질환

신경 전달 물질인 도파민의 분비 부족으로 유발되는 질환 A는 파킨슨병이고, 대뇌의 신경 세포 손상에 의한 질환 B는 알츠하이머병이다.

- ㉠ A는 파킨슨병이다.
- ㉡ 대뇌는 언어, 기억, 감정 등 고등 정신 활동과 감각, 수의(의식적) 운동의 중추이다. 그러므로 기억력 저하는 대뇌의 신경 세포가 손상되어 유발되는 알츠하이머병의 증상 중 하나에 해당한다.
- ㉢ 대뇌의 신경 세포는 연합 뉴런이다. 뇌에 연결된 구심성 뉴런(감각 뉴런)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)이 뇌 신경에 해당한다.

### 3점 수능 테스트

분문 73~76쪽

01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ① 06 ⑤ 07 ①  
08 ④

## 01 대뇌 결질의 기능

대뇌는 2개의 반구로 나누어지며, 좌우 반구의 결질은 각각 몸의 반대쪽을 담당한다. ㉠은 우반구 운동령, ㉡은 좌반구 감각령이다.

- ㉠ A가 손상된 사람은 입술을 움직일 수 없으므로 A는 우반구 운동령에 있는 부위이다. 그러므로 A~C는 모두 ㉠에 있다.
- ㉡ B는 대뇌의 우반구 운동령에 있는 부위이다. 무릎 반사의 중추는 척수이므로 B가 손상되어도 왼쪽 다리에서 무릎 반사가 일어난다. B가 손상되면 왼쪽 다리의 의식적인 반응이 일어나지 않는다.
- ㉢ 왼손의 손가락에 역치 이상의 자극을 가하면 이 자극에 대한 흥분은 구심성 뉴런(감각 뉴런)을 통해 우반구 감각령에 전달된

다. 좌반구 감각령(㉔)으로는 몸의 오른쪽에 가해진 자극에 대한 흥분이 전달된다.

### 02 중추 신경계

‘뇌 신경이 나온다.’는 연수와 중간뇌의 특징이고, ‘무조건 반사의 중추이다.’는 연수, 중간뇌, 척수의 특징이며, ‘호흡 운동의 조절 중추이다.’는 연수의 특징이다. 그러므로 A는 척수, B는 중간뇌, C는 연수이고, ㉑은 ‘무조건 반사의 중추이다.’, ㉒은 ‘호흡 운동의 조절 중추이다.’, ㉓은 ‘뇌 신경이 나온다.’이다.

㉑. B는 중간뇌이고, ㉒은 ‘호흡 운동의 조절 중추이다.’이므로 ㉑은 ‘×’이다.

㉒. ㉑은 ‘무조건 반사의 중추이다.’이다.

㉓. 연수(C)는 호흡 운동, 심장 박동의 중추이고 배뇨 반사의 중추는 척수(A)이다.

### 03 시각의 형성과 동공 반사의 경로

시세포에 수용된 시각 정보는 시신경에 의해 대뇌로 전달되어 시각을 형성하고, 동시에 중간뇌에서는 빛 자극의 세기에 따라 홍채를 조절하여 동공의 크기가 변화하는 동공 반사가 일어난다.

㉑. 자율 신경에 의해 홍채와 연결되는 중추 신경계에 속한 ㉑은 중간뇌이다.

㉒. ㉑은 중간뇌와 홍채를 연결하는 부교감 신경이다. 부교감 신경이 흥분하면 동공이 작아진다.

㉓. 오른쪽 눈이 수용한 포도에 대한 시각 정보는 시신경을 따라 교차되어 좌뇌 겉질의 시각 영역으로 전달되며, 왼쪽 눈이 수용한 포도에 대한 시각 정보는 교차 없이 그대로 좌뇌 겉질의 시각 영역으로 전달된다. 그러므로 A 부위가 절단되어도 오른쪽에 위치한 포도에 대한 시각 정보는 좌뇌 겉질의 시각 영역으로 전달된다.

### 04 자극에 따른 반응 경로

(가)는 중간뇌가 반응의 중추인 무조건 반사이고, (나)는 대뇌가 반응의 중추인 의식적인 반응이다.

㉑. (가)는 중간뇌에 의해 일어나는 동공 반사이고, 자율 신경이 관여한다. C는 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로 이루어진 체성 신경이므로 동공 반사에 관여하지 않는다.

㉒. (나)는 의식적인 반응이므로 흥분은 감각 기관 → 구심성 뉴런(감각 뉴런)(G) → D → 대뇌(B) → E → 원심성 뉴런(운동 뉴런)(F) → 반응 기관의 경로로 전달된다.

㉓. H는 중추 신경계인 척수를 구성하는 연합 뉴런이다. 척수 신경은 말초 신경계에 해당한다.

### 05 의식적인 반응과 회피 반사

피부에 가해진 자극에 의해 의식적인 반응이 일어나는 경로는 A → C → B이고, 무의식적인 반사가 일어나는 경로는 A → 척수의 연합 뉴런 → B이다. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 원심성 뉴런(운동 뉴런), C는 대뇌의 연합 뉴런이다.

㉑. 국부 마취제는 뉴런에서의 흥분의 전도를 억제하므로 ㉑에 국부 마취제를 주사하면 A에서 발생한 흥분이 C로 전달되지 않는다.

㉒. B는 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다. 그러므로 B의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

㉓. 뜨거운 물체가 손에 닿았을 때 무의식적으로 손을 떼는 반사의 중추는 척수이므로 ㉑에 국부 마취제를 주사하더라도 무의식적으로 손을 떼는 반사가 일어난다.

### 06 동공의 크기 조절

동공의 크기를 조절하는 중추는 중간뇌이고, 이에 관여하는 신경 A와 B는 자율 신경이다. ㉑과 ㉒의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질이 다르므로 A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.

㉑. A는 교감 신경이므로 ㉑의 신경 세포체는 척수에 있다.

㉒. B는 부교감 신경이므로 ㉒의 길이는 ㉑의 길이보다 길다.

㉓. ㉑의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이고, ㉒의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다. 빛의 세기가 P<sub>1</sub>에서 P<sub>2</sub>로 변할 때 동공의 크기가 작아지므로 ㉑에서 분비되는 신경 전달 물질의 양은 작아진다. ㉒에서 분비되는 신경 전달 물질의 양은 작아진다.

### 07 자극에 따른 반응 경로

A는 원심성 뉴런(운동 뉴런), B는 교감 신경의 신경절 이후 뉴런, C는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이다.

㉑. 말초 신경계는 구심성 뉴런(감각 뉴런)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로 구분되며, 원심성 뉴런(운동 뉴런)은 골격근에 연결된 체성 신경과 내장 기관에 연결된 자율 신경으로 구분된다. 그러므로 A, B, C는 모두 말초 신경계에 속한다.

㉒. B는 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다. 교감 신경은 소화 기관의 소화액 분비를 억제한다.

㉓. 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이 분비되고, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

### 08 교감 신경과 부교감 신경

신경절 이전 뉴런이 길고 신경절 이후 뉴런이 짧은 자율 신경은

부교감 신경, 신경절 이전 뉴런이 짧고 신경절 이후 뉴런이 긴 자율 신경은 교감 신경이다. 위와 연결된 부교감 신경은 연수에서 뻗어 나오고, 교감 신경은 척수에서 뻗어 나온다. 그러므로 ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉡은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이고, A는 연수, B는 척수이다.

✕. 위와 연결된 부교감 신경은 연수에서 뻗어 나오므로 A는 연수이다.

㉢. 자극을 주었을 때 위 내부의 pH가 감소하므로 자극을 준 신경은 부교감 신경이다. 그러므로 (나)에서 자극을 준 뉴런은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(㉠)이다.

㉣. ㉡은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이다. ㉡에 역치 이상의 자극을 주면 위 운동이 억제되므로 위의 소화 작용이 억제된다.

## 06 항상성

### 2점 수능 테스트

본문 84~88쪽

01 ㉢ 02 ㉤ 03 ㉡ 04 ㉤ 05 ㉤ 06 ㉠ 07 ㉤  
08 ㉤ 09 ㉤ 10 ㉣ 11 ㉤ 12 ㉡ 13 ㉣ 14 ㉢  
15 ㉠ 16 ㉠ 17 ㉣ 18 ㉤ 19 ㉣ 20 ㉡

### 01 호르몬의 특성

호르몬 X는 내분비샘에서 생성되어 순환계를 통해 호르몬 수용체가 있는 표적 세포(기관)에 작용한다. 세포 B에는 호르몬 X에 대한 수용체가 있고 세포 A에는 호르몬 X에 대한 수용체가 없다.

㉠. 호르몬 X는 내분비샘에서 생성된다.

㉡. 호르몬 X는 혈액으로 분비되어 순환계를 통해 표적 세포(기관)로 이동한다.

✕. 호르몬 X에 대한 수용체가 있는 세포 B는 호르몬 X의 표적 세포이고, 호르몬 X에 대한 수용체가 없는 세포 A는 호르몬 X의 표적 세포가 아니다.

### 02 항상성 유지 방법

항상성 유지에 관여하는 2가지 방법에는 신경에 의한 조절 방법과 호르몬에 의한 조절 방법이 있다. (가)는 호르몬에 의한 조절 방법이고, (나)는 신경에 의한 조절 방법이다.

✕. (가)는 내분비샘에서 생성된 물질이 혈액으로 분비되어 순환계를 통해 표적 세포(기관)로 운반되는 호르몬에 의한 조절 방법이다.

㉢. (나)는 신경에 의한 조절 방법이며, 시냅스를 통한 신호 전달 과정에 화학 물질인 신경 전달 물질이 관여한다.

㉣. 신호 전달 속도는 신경에 의한 조절 방법(나)이 호르몬에 의한 조절 방법(가)보다 빠르다.

### 03 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

항이노 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬이다. 따라서 A는 뇌하수체 후엽, B는 뇌하수체 전엽이다.

✕. 항이노 호르몬(ADH)이 분비되는 A는 뇌하수체 후엽이다.

㉢. B(뇌하수체 전엽)에서 부신이 표적 기관인 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)이 분비된다.

✕. 분비되는 호르몬의 가짓수는 A(뇌하수체 후엽)에서가 B(뇌하수체 전엽)에서보다 적다.

#### 04 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

갑상샘 자극 호르몬(TSH), 에피네프린, 인슐린 중 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이다. 따라서 ㉠은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이다. 또한 제시된 3가지 호르몬 중 뇌하수체 전엽에서 분비되지 않고, 혈당량을 감소시키는 호르몬은 인슐린, 혈당량을 증가시키는 호르몬은 에피네프린이다. 따라서 ㉡은 인슐린, ㉢은 에피네프린이다.

㉠. 갑상샘은 ㉠(갑상샘 자극 호르몬)의 표적 기관이다.

㉡. ㉡(인슐린)은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비되며 혈당량을 감소시킨다.

㉢. ㉢은 부신의 속질에서 분비되는 에피네프린이다.

#### 05 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

글루카곤, 티록신, 항이노 호르몬(ADH) 중 갑상샘에서 분비되는 호르몬은 티록신이기에 때문에 A는 티록신이다. 혈당량을 증가시키는 호르몬은 제시된 3가지 호르몬 중 글루카곤이기에 때문에 B는 글루카곤이며 글루카곤은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다. 따라서 ㉠은 이자이다. C는 항이노 호르몬(ADH)이며 항이노 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비되고, 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다.

㉠. 갑상샘에서 분비되는 호르몬인 A는 티록신이다.

㉡. B(글루카곤)는 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비되므로 ㉠은 이자이다.

㉢. C(항이노 호르몬)는 뇌하수체 후엽에서 분비되어 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하는 기능을 한다. 따라서 '콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다.'는 ㉢에 해당한다.

#### 06 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

글루카곤, 에피네프린, 인슐린 중 이자에서 분비되지 않는 호르몬은 에피네프린이기 때문에 B는 에피네프린이다. 글루카곤과 인슐린은 모두 이자에서 분비되므로 ㉡은 'O'이고, 혈당량을 감소시키는 호르몬은 인슐린이므로 C는 인슐린, A는 글루카곤이다. 글루카곤은 혈당량을 증가시키는 호르몬이므로 ㉠은 'x'이다.

㉠. 이자에서 분비되고 혈당량을 증가시키는 호르몬은 글루카곤이므로 A는 글루카곤이다.

x. ㉠은 'x'이고, ㉡은 'O'이다.

x. B(에피네프린)는 교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.

#### 07 내분비계 질환

㉠. 당뇨병은 인슐린 분비 이상이나 표적 세포가 인슐린에 정상적으로 반응하지 못하여 나타나는 질환으로 혈당량이 정상 범위보다 높게 나타나며 포도당이 오줌으로 빠져나가는 증상이 나타날 수 있다.

㉡. 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 정상적으로 반응하지 못하는 것은 당뇨병의 원인이다.

㉢. 당뇨병이 지속되면 체중이 줄고, 콩팥, 눈, 손, 발 등에 합병증이 나타날 수 있다.

#### 08 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

내분비샘 X는 갑상샘이다.

㉠. X는 갑상샘이다.

㉡. X(갑상샘)는 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 표적 기관이다.

㉢. X(갑상샘)에서 분비되는 호르몬인 티록신은 물질대사 촉진에 관여한다.

#### 09 음성 피드백

갑상샘에서 티록신이 과다 분비되면 혈중 티록신은 시상 하부와 뇌하수체 전엽에 작용하여 각각 TRH와 TSH의 분비를 감소시킨다. 이러한 음성 피드백을 통해 티록신의 분비량을 조절한다. 따라서 ㉠은 TRH, ㉡은 TSH, ㉢은 티록신이다.

x. 시상 하부에서 분비되고 뇌하수체 전엽에 작용하여 ㉡(TSH)의 분비를 촉진하는 호르몬은 TRH이다.

㉠. ㉡(TSH)은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬으로 혈액을 통해 이동하여 표적 기관인 갑상샘에 작용한다.

㉢. ㉢(티록신)이 과다 분비되면, 시상 하부와 뇌하수체 전엽에서 각각 ㉠(TRH)과 ㉡(TSH)의 분비를 감소시키는 음성 피드백이 일어나 ㉢의 분비가 조절된다.

#### 10 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

별도의 분비관을 거치지 않고 혈액이나 조직액으로 호르몬 등을 분비하는 기관을 내분비샘이라고 한다. ㉠은 뇌하수체 전엽, ㉡은 부신 겉질, ㉢은 이자이다.

x. ㉡은 부신 겉질이다.

㉠. ㉠(뇌하수체 전엽)에서 표적 기관이 ㉡(부신 겉질)인 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)이 분비된다.

㉢. ㉢(이자)의  $\alpha$ 세포에서 혈당량을 증가시키는 호르몬(글루카곤)이 분비된다.

#### 11 내분비계 질환

다양한 원인에 의해 티록신의 분비량이 너무 많으면 갑상샘 기능 항진증이 나타나고, 티록신 분비량이 너무 적으면 갑상샘 기능 저하증이 나타난다. 따라서 A는 갑상샘 기능 항진증 환자, B는 갑상샘 기능 저하증 환자, C는 정상인이다.

㉠. A는 혈중 TSH의 농도가 정상보다 낮지만 혈중 티록신의 농도가 정상보다 높으므로 갑상샘 기능 항진증 환자이다. A(갑상샘

기능 항진증 환자)는 티록신이 과다 분비되므로 체내 물질대사가 항진된다.

- Ⓒ B는 혈중 TSH의 농도가 정상보다 높지만 혈중 티록신의 농도가 정상보다 낮으므로 갑상샘 기능 저하증 환자이다.
- Ⓓ 정상인에서 티록신은 시상 하부와 뇌하수체 전엽에 작용하여 각각 TRH와 TSH의 분비를 감소시키는 음성 피드백을 통해 분비량이 조절된다.

## 12 혈당량 조절

정상인에서 식사 후 혈당량이 높아지면 호르몬의 분비 조절을 통해 혈당량을 낮추어 정상 범위를 유지한다.

- ✗. 혈당량이 높아지면 혈당량을 정상 범위로 되돌리기 위해 혈당량을 낮춘다. 따라서 혈당량을 낮추는 호르몬인 인슐린이 증가하므로 ㉠은 인슐린이다.
- Ⓒ 간은 ㉠(인슐린)의 표적 기관이다.
- ✗. 이자에 연결된 교감 신경이 흥분하면 글루카곤의 분비가 촉진된다.

## 13 혈당량 조절

혈당량이 정상 범위보다 높아지면 이자에 연결된 부교감 신경이 흥분하여 이자에서 인슐린 분비를 촉진하고, 혈당량이 정상 범위보다 낮아지면 이자에 연결된 교감 신경이 흥분하여 이자에서 글루카곤 분비를 촉진한다. 따라서 자율 신경 X는 부교감 신경이고 ㉠은 인슐린, ㉡은 글루카곤이다.

- ✗. 고혈당일 때 이자에 연결된 부교감 신경에 의해 인슐린이 분비되므로 X는 부교감 신경이다.
- Ⓒ ㉠(인슐린)은 간에서 글리코젠 합성을 촉진하여 혈당량을 낮춘다.
- Ⓓ ㉠(인슐린)과 ㉡(글루카곤)은 간에서 혈당량 조절에 길항적으로 작용한다.

## 14 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

- ✗. 인슐린은 이자의 β세포에서 분비된다.
- ✗. 항이노 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비된다.
- Ⓒ 항이노 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다.
- ✗. 간에서 인슐린은 글루카곤과 길항적으로 작용한다.
- ✗. 글루카곤은 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진한다.

## 15 체온 조절

정상인에게 저온 자극을 주게 되면 체온을 높이기 위해 골격근의 떨림을 통한 열 발생량을 증가시키고, 피부 근처 혈관을 수축시켜

피부를 통한 열 발산량을 감소시킨다.

- Ⓒ 체온 조절의 중추는 간뇌의 시상 하부이다.
- ✗. 저온 자극을 주게 되면 ㉠(골격근)의 떨림을 통해 열 발생량이 증가한다.
- ✗. 저온 자극을 주게 되면 ㉡(피부 근처 혈관)이 수축하여 피부 근처의 혈액량을 감소시키므로 피부를 통한 열 발산량이 감소한다.

## 16 체온 조절

A는 외부 온도와 관계없이 체온이 일정하게 유지되는 정온 동물이므로 생쥐이고, B는 외부 온도에 따라 체온이 변하는 변온 동물이므로 도마뱀이다.

- Ⓒ A는 생쥐이다.
- ✗. B(도마뱀)는 외부 온도에 따라 체온이 변하는 변온 동물이다.
- ✗.  $\frac{B(\text{도마뱀})\text{의 대사율}}{A(\text{생쥐})\text{의 대사율}}$ 은 외부 온도가 10 °C일 때가 20 °C일 때보다 작다.

## 17 체온 조절

시상 하부는 체온 조절의 중추이며 시상 하부의 온도 변화에 따라 체온 변화가 일어난다.

- ✗. 체온이 내려가는 것은 시상 하부에 고온 자극이 주어졌기 때문이며 체온이 올라가는 것은 시상 하부에 저온 자극이 주어졌기 때문이다. 따라서 (가)는 고온이고, (나)는 저온이다.
- Ⓒ 시상 하부에 고온 자극이 주어진 상태에서는 체온을 낮추어야 하기 때문에 열 발생량은 감소시키고 열 발산량은 증가시킨다. 또한 시상 하부에 저온 자극이 주어진 상태에서는 체온을 높여야 하기 때문에 열 발생량은 증가시키고 열 발산량은 감소시킨다. 따라서 ㉠은 ‘-’이다.
- Ⓓ 사람의 시상 하부에 저온 자극을 주면 근육의 떨림을 통해 열 발생량을 증가시켜 체온을 높인다.

## 18 삼투압 조절

항이노 호르몬(ADH)은 콩팥에 작용하여 수분 재흡수를 촉진하는 호르몬이다.

- Ⓒ 항이노 호르몬(ADH)은 표적 기관인 콩팥에 작용하여 수분의 재흡수를 촉진한다.
- Ⓒ 혈중 항이노 호르몬(ADH)의 농도가 높을수록 수분 재흡수가 더 많이 일어나게 되므로 오줌 삼투압은 증가하고 단위 시간당 오줌 생성량은 감소한다. 따라서 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, ㉡은 오줌 삼투압이다.
- Ⓓ 오줌 삼투압은 ㉡이며  $C_1$ 일 때가  $C_2$ 일 때보다 낮다.

### 19 삼투압 조절

항이뇨 호르몬(ADH)은 혈장 삼투압 조절에 관여한다.

- ㉠. 혈장 삼투압이 증가하면 혈장 삼투압을 감소시키기 위해 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 증가하게 된다. 따라서 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬 X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.
- ㉡. 혈장 삼투압이  $p_2$ 일 때 정상 상태일 때보다 ㉠일 때 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도가 낮으므로 ㉠은 전체 혈액량이 정상 상태일 때보다 증가한 상태이다.
- ㉢. 정상 상태일 때 혈장 삼투압이  $p_2$ 일 때가  $p_1$ 일 때보다 높으므로 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도도  $p_2$ 일 때가  $p_1$ 일 때보다 높다. 따라서 콩팥에서 수분 재흡수는  $p_2$ 일 때가  $p_1$ 일 때보다 활발하게 일어나므로 오줌 삼투압은  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 낮다.

### 20 혈당량 조절

- 뇌하수체에서 분비되는 호르몬 중 부신을 자극하는 호르몬은 부신 겉질 자극 호르몬이므로 A는 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)이다. 부신의 겉질에서 분비되며 혈당량 조절에 관여하는 호르몬은 당질 코르티코이드(코르티솔)로 지방이나 단백질의 포도당 전환을 촉진하여 혈당량을 증가시킨다. 따라서 B는 당질 코르티코이드(코르티솔)이다.
- ㉠. A는 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)이다.
  - ㉡. 부신 속질에서 에피네프린이 분비되고 혈당량 조절에 관여하는 하지만, 에피네프린의 분비는 교감 신경에 의해 조절되므로 호르몬 A(부신 겉질 자극 호르몬)에 의해 분비가 촉진되는 B는 부신 겉질에서 분비되는 당질 코르티코이드(코르티솔)이다.
  - ㉢. 당질 코르티코이드(코르티솔)의 분비는 음성 피드백에 의해 조절된다.

### 3점 수능 테스트

본문 89~96쪽

- 01 ㉢ 02 ㉡ 03 ㉣ 04 ㉣ 05 ㉢ 06 ㉡ 07 ㉣  
08 ㉢ 09 ㉤ 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉢ 13 ㉣ 14 ㉤

### 01 사람의 내분비샘과 호르몬의 기능

글루카곤, 에피네프린, 항이뇨 호르몬(ADH) 중 이자에서 분비되는 호르몬은 글루카곤이고, 교감 신경에 의해 분비가 촉진되는 호르몬은 글루카곤과 에피네프린이고, 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하는 호르몬은 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 따라서 특징 ㉠을 갖는 호르몬이 2개이므로 ㉠은 '교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.'이다. 특징 ㉡과 ㉢이 모두 있는 B는 글루카곤이고, ㉣은 '이

자에서 분비된다.'이다. 나머지 ㉤은 '콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진한다.'이다. A는 특징 ㉠이 있으므로 에피네프린이고, C는 항이뇨 호르몬(ADH)이며, 특징 ㉢이 있으므로 ㉤은 '콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진한다.'이다.

- ㉠. A(에피네프린)는 특징 ㉠(이자에서 분비된다.)이 없으므로 ㉡는 '×'이고, C(항이뇨 호르몬)도 특징 ㉢(교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.)이 없으므로 ㉢도 '×'이다.
- ㉡. ㉠은 '이자에서 분비된다.'이다.
- ㉢. A(에피네프린)와 C(항이뇨 호르몬)는 길항 작용을 통해 혈당량을 조절하지 않는다.

### 02 삼투압 조절

- 물을 섭취하게 되면 혈장 삼투압이 낮아지게 된다. 혈장 삼투압을 정상 범위로 높이기 위해 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비는 감소하게 되고 단위 시간당 오줌 생성량은 증가하게 되며 오줌 삼투압은 감소하게 된다. 따라서 물을 섭취한 후 증가하는 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, 물을 섭취한 후 감소하는 ㉡은 오줌 삼투압이다.
- ㉠. 물을 섭취한 후 증가하는 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량이다.
  - ㉡. 물을 섭취하면 혈장 삼투압은 낮아졌다가 시간이 지나면서 다시 원래 상태로 회복된다. 따라서 혈장 삼투압은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.
  - ㉢. 단위 시간당 오줌 생성량은 ㉠이다. 따라서 단위 시간당 오줌 생성량은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 적다.

### 03 내분비계 질환

- 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)의 표적 기관은 부신 겉질이며 부신 겉질에서 분비되는 당질 코르티코이드(코르티솔)의 분비를 촉진한다. ㉠은 뇌하수체 전엽이다.
- ㉠. 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)의 표적 기관은 부신 겉질이다.
  - ㉡. 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)은 뇌하수체 전엽(㉠)에서 분비된다.
  - ㉢. 이 환자의 경우 암세포에서 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)을 분비하기 때문에 혈중 당질 코르티코이드(코르티솔)의 농도는 정상 범위보다 높다.

### 04 혈당량 조절

- 혈중 포도당 농도가 정상 범위보다 낮아지면 혈당량을 높이기 위해 글루카곤의 분비가 증가하므로 ㉠은 글루카곤이고, ㉡은 인슐린이다. 글루카곤은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비되고, 인슐린은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비되므로 X는  $\alpha$ 세포, Y는  $\beta$ 세포이다.
- ㉠. ㉠(글루카곤)은 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진하여 혈당량을 높인다.
  - ㉡. Y는  $\beta$ 세포이다.

㉠ ㉠(글루카곤)은 간에 작용하여 혈당량을 높이고, ㉡(인슐린)은 간에 작용하여 혈당량을 낮추므로 같은 기관에 대해 서로 반대로 작용하는 길항 작용을 통해 혈당량을 조절한다.

## 05 혈당량 조절

그래프에서 포도당 섭취 후 증가된 혈당량이 다시 정상 범위로 돌아오는 과정에서 정상인에 비해 환자는 혈당량이 과도하게 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이 환자는 인슐린 분비에 이상이 있는 환자이며 인슐린이 정상인에 비해 과다 분비된다는 것을 알 수 있다.

㉠ 이 환자의 경우 정상 범위보다 높아진 혈당량을 다시 정상 범위로 낮추는 과정에서 정상인에 비해 혈당량이 과도하게 낮아진다. 이 환자는 인슐린의 분비에 이상이 있으므로 인슐린이 과다 분비된다는 것을 알 수 있다.

X. 인슐린은 간에서 글리코젠 합성을 촉진하는 호르몬이다.

㉡ 포도당 섭취 후 높아진 혈당량은 정상인과 이 환자에서 비슷하게 나타나는 반면, 다시 혈당량이 정상 범위로 회복되는 과정의  $t_1$ 에서는 정상인에 비해 이 환자의 혈당량이 더 낮아졌으므로 혈당량의 변화량은 이 환자에서가 정상인에서보다 크다.

## 06 혈당량 조절

비만인 사람 A의 혈당량은 정상인과 마찬가지로 정상 범위를 유지하지만 정상인에 비해 인슐린이 과다 분비되고 있다.

X. (가)에서 A의 하루 동안 혈중 인슐린의 변화를 보면 정상인보다 더 많은 인슐린이 분비된다는 것을 알 수 있다. 따라서 A는 이자의  $\beta$ 세포가 파괴되지 않았다.

X. A는 비만이므로 몸무게가 정상인 사람보다 체질량 지수가 크다. 따라서 ㉠은 ㉡보다 작다.

㉡ (나)에서 정상인과 A의 혈당량 변화에 큰 차이는 없지만, (가)를 통해 A에서 인슐린이 정상인보다 더 많이 분비된다는 것을 알 수 있다.

## 07 혈당량 조절

식사 후 혈당량이 높아지면 혈당량을 낮추기 위해 혈중 인슐린의 농도가 높아지고 혈당량이 정상 범위로 낮아짐에 따라 혈중 인슐린의 농도도 점차 낮아진다. 인슐린과는 반대로 식사 후 혈중 글루카곤의 농도는 낮아지게 된다. 따라서 X는 인슐린, Y는 글루카곤이다.

X. 척수는 뇌와 척수 신경 사이에서 정보를 전달하는 역할을 하며 척수 반사의 중추이고, 인슐린의 분비를 조절하는 중추는 척수가 아니다.

㉡ Y(글루카곤)는 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.

㉡ (다)에서 운동을 시작하게 되면 근육 세포에 에너지원인 포도당을 공급하기 위해 혈중 글루카곤의 농도가 높아진다. 따라서 혈중 글루카곤의 농도는 운동 시작 시점일 때가  $t_1$ 일 때보다 낮다.

## 08 내분비계 질환

이자의  $\beta$ 세포가 파괴된 당뇨병 환자는 인슐린이 정상적으로 분비되지 않아 당뇨병이 나타나고, 이자의  $\beta$ 세포가 정상 기능을 나타내는 당뇨병 환자는 인슐린 분비는 정상적으로 일어나지만 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 정상적으로 반응하지 못해 당뇨병이 나타난다.

㉡ A는 식사 후 혈중 인슐린의 농도가 정상 범위보다 낮게 나타나므로 이자의  $\beta$ 세포가 파괴된 당뇨병 환자이다.

X. B에서 이자의  $\beta$ 세포가 정상 기능을 나타내므로 혈중 인슐린의 농도는 정상 범위로 나타나지만 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 정상적으로 반응하지 못해 당뇨병이 나타난다.

㉡ A는 이자의  $\beta$ 세포가 파괴되어 인슐린의 분비가 정상적으로 분비되지 않아 당뇨병이 나타나고 있으므로 인슐린을 투여하면 인슐린의 작용을 통해 혈당량은 투여하기 전보다 낮아진다.

## 09 체온 조절

시상 하부의 온도가 정상 체온보다 낮아지게 되면 정상 체온을 유지하기 위해 근육 떨림과 물질대사가 촉진되어 열 발생량이 증가하고, 피부 근처 혈관의 수축으로 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액의 양이 감소하여 열 발산량이 감소한다.

㉡ 간뇌의 시상 하부는 체온 조절 중추이다.

㉡ 구간 II에서는 시상 하부 온도가 정상 체온보다 낮아졌으므로 체내 열 발생량을 증가시키는 체온 조절 반응이 일어난다. 따라서 단위 시간당 체내 열 발생량은 II에서가 I에서보다 많다.

㉡ 구간 II에서는 시상 하부 온도가 정상 체온보다 낮아졌으므로 체내 열 발생량을 감소시키는 체온 조절 반응이 일어난다. 따라서 피부 근처 혈관의 수축을 통해 단위 시간당 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량을 감소시키므로 단위 시간당 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량은 I에서가 II에서보다 많다.

## 10 체온 조절과 혈당량 조절

시상 하부에서 체온 변화나 혈당량의 변화를 감지하면 신경에 의한 조절 방법과 호르몬에 의한 조절 방법을 통해 항상성을 유지한다. A는 신경에 의한 조절 경로이며, B는 호르몬에 의한 조절 경로이다.

㉡ 체온 조절 과정에서 피부 근처 혈관의 수축에 관여하는 경로 A와 혈당량 조절 과정에서 에피네프린 분비 촉진에 관여하는 경로 A는 모두 신경에 의한 조절 경로이다.

- ✗. 피부 근처 혈관이 수축되면 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액의 양이 감소하므로 피부에서 몸 밖으로 방출되는 열 발산량이 감소하게 된다.
- ✗. 에피네프린과 당질 코르티코이드는 모두 체내 혈당량을 증가시키므로 혈당량이 정상 범위보다 낮아지면 (나)와 같은 조절 과정이 일어난다.

### 11 체온 조절

- (가)에서 시상 하부 온도가 37 °C보다 낮아지면 ㉠이 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 근육에서의 열 발생량이다.
- ㉠. 시상 하부 온도가 37 °C보다 낮아지면 체온을 높이기 위해 ㉠(근육에서의 열 발생량)이 증가한다.
- ✗. (나)에서 피부 근처 혈관이 수축하였고, (다)에서 피부 근처 혈관이 확장하였으므로 (나)는 시상 하부 온도가 37 °C보다 낮은 상태인  $T_1$ 일 때이고, (다)는 시상 하부 온도가 37 °C보다 높은 상태인  $T_2$ 일 때이다.
- ✗. 티록신은 물질대사를 활발하게 하여 체온을 높이는 데 관여한다. 따라서 시상 하부 온도가 37 °C보다 낮아지면 체온을 높이기 위해 혈중 티록신의 농도가 높아지므로 혈중 티록신의 농도는  $T_2$ 일 때가  $T_1$ 일 때보다 낮다.

### 12 내분비계 질환

- X와 Y 모두 수분 공급을 중단했을 때 정상인에 비해 오줌 삼투압이 낮으므로 많은 양의 오줌이 생성되는 요붕증 환자임을 알 수 있다.
- ㉠. 항이뇨 호르몬(ADH)을 투여하면 X는 오줌 삼투압이 높아진다. 이를 통해 X는 뇌하수체 후엽에서의 항이뇨 호르몬(ADH) 분비에 이상이 있는 환자 ㉠임을 알 수 있다.
- ✗. Y는 항이뇨 호르몬(ADH)을 투여해도 오줌 삼투압에 변화가 없는 것으로 보아 항이뇨 호르몬(ADH)이 작용하는 콩팥에 있는 호르몬 수용체에 이상이 있는 환자 ㉡임을 알 수 있다.
- ㉡. 정상인에서 수분 공급을 중단하면 혈장 삼투압이 높아지므로 혈장 삼투압을 낮추기 위해 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 촉진된다. 따라서 단위 시간당 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도는 수분 공급 중단 시점일 때가  $t_1$ 일 때보다 낮다.

### 13 삼투압 조절

- 단위 시간당 오줌 생성량이 증가하면 오줌 삼투압은 낮아지고, 혈장 삼투압이 증가하면 오줌 삼투압은 높아진다. 따라서 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, ㉡은 혈장 삼투압이다.
- ✗. ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량이다.
- ㉠. 간뇌의 시상 하부에서 혈장 삼투압의 변화를 감지하여 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량을 조절한다.

- ㉡. 혈장 삼투압이 높아지면 수분 재흡수를 통해 혈장 삼투압을 낮춘다. 따라서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 증가하므로 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도는  $p_2$ 에서  $p_1$ 에서보다 높다.

### 14 삼투압 조절

- A는 ㉠을 섭취한 후 단위 시간당 오줌 생성량이 증가하였으므로 ㉠은 물이고, B는 ㉡을 섭취한 후 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하였으므로 ㉡은 소금물이다.
- ㉠. ㉠은 물이다.
- ㉠. A는 ㉠(물)을 섭취했으므로 혈장 삼투압이 낮아지게 된다. 따라서 혈장 삼투압은 ㉠ 섭취 시점일 때가  $t_1$ 일 때보다 높다.
- ㉡. B는 ㉡(소금물)을 섭취했으므로 혈장 삼투압이 높아지게 된다. 혈장 삼투압이 높아지게 되면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하게 되고 혈중 항이뇨 호르몬의 농도가 높아지게 된다. 따라서 B에서 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도는 ㉡ 섭취 시점일 때가  $t_1$ 일 때보다 낮다.



## 07

## 방어 작용

## 2점 수능 테스트

본문 103~106쪽

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

## 01 질병과 병원체

질병에는 병원체의 감염에 의해 나타나는 감염성 질병과 병원체의 감염 없이 나타나는 비감염성 질병이 있다.

✗. A의 질병의 병원체는 모두 바이러스이다. 바이러스는 핵산과 단백질을 갖지만, 세포막은 갖지 않는다.

✗. B의 질병은 모두 병원체의 감염 없이 환경, 유전, 생활 방식 등이 원인이 되어 나타나는 비감염성 질병이다.

○. ㉠(결핵)의 병원체는 세균이다. 세균은 스스로 물질대사를 한다.

## 02 병원체

(가)는 독감의 병원체인 바이러스이고, (나)는 결핵의 병원체인 세균이다.

○. (가)는 독감의 병원체, (나)는 결핵의 병원체이다.

✗. (가)와 (나)에 공통으로 있고, 유전 정보가 저장되어 있는 ㉠은 핵산이다. ㉡은 ㉠(핵산)을 둘러싸고 있는 단백질이다.

✗. 바이러스(가)는 세포 구조를 갖지 않고, 세균(나)은 세포 구조를 갖는다.

## 03 질병과 병원체

고혈압은 특징 ㉠~㉢을 모두 갖지 않으므로 B는 고혈압이고, 무좀은 특징 ㉠~㉢ 중 2가지를 갖고, '병원체가 세균이다.'의 특징은 갖지 않으므로 C는 무좀, 나머지 A는 후천성 면역 결핍증(AIDS)이다. 특징 ㉠은 '병원체가 세균이다.'이고, A(후천성 면역 결핍증, AIDS)와 C(무좀)는 모두 감염성 질병이므로 특징 ㉡은 '감염성 질병이다.'이며, 나머지 특징 ㉢은 '병원체가 세포 분열을 한다.'이다.

○. A는 후천성 면역 결핍증(AIDS), B는 고혈압, C는 무좀이다.

○. 세균성 폐렴은 특징 ㉡(감염성 질병이다.)을 갖는다.

✗. C(무좀)의 병원체는 균류에 속하는 곰팡이이다.

## 04 백신과 병원체

백신에는 질병을 일으키지 않을 정도로 독성을 약화하거나 비활성 상태로 만든 항원 또는 항원에 대한 정보가 포함되어 있다. 백신을 주사하여 면역 반응이 일어나면 주사한 항원에 대한 기억 세포가 형성된다.

✗. 독감 바이러스는 세포 분열을 통해 증식하지 않는다.

○. 독감 바이러스의 숙주 세포(㉠)에는 독감 바이러스 증식에 필요한 물질이 있다.

✗. ㉠(백신)에는 독성을 약화한 독감 바이러스가 있고, 독감 바이러스에 대한 항체는 없다.

## 05 방어 작용

(가)는 대식세포가 보조 T 림프구에 항원을 제시하는 과정을, (나)는 대식세포가 X를 제거하는 식세포 작용을 나타낸 것이다.

㉠은 대식세포, ㉡은 보조 T 림프구이다.

✗. 대식세포에 의한 식세포 작용은 비특이적으로 일어나므로 (나)는 비특이적 방어 작용의 일부이다.

○. ㉠(보조 T 림프구)은 골수에서 생성되고, 가슴샘에서 성숙된다.

✗. 방어 작용은 대식세포가 병원체를 삼킨 후 항원 조각을 보조 T 림프구에 제시하면, 보조 T 림프구는 B 림프구의 분화를 촉진시켜 체액성 면역이 진행된다. 이 사람이 X에 처음 감염되면 방어 작용은 (나)(대식세포에 의한 식세포 작용) → (가)(대식세포의 항원 조각 제시) 순으로 진행된다.

## 06 체액성 면역

백신 주사를 맞으면 백신에 포함된 항원에 대한 기억 세포가 형성되고, 재침입한 항원에 의해 2차 면역 반응이 나타난다.

○. 구간 I에서 생성된 항체는 형질 세포로부터 생성된 항체이므로 구간 I에서 X에 대한 형질 세포가 형성되었다.

○. X의 침입 이후 X에 대한 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 항체가 생성되는 면역 반응이 일어났으므로 구간 II에는 X에 대한 기억 세포가 있다.

○. 구간 III에서 X에 대한 항체와 X가 결합하여 X가 제거되는 체액성 면역이 일어났다.

## 07 방어 작용

보조 T 림프구에 항원을 제시하는 I은 대식세포, X에 대한 항체를 분비하는 II는 형질 세포, 가슴샘에서 성숙(분화)된 III은 세포독성 T림프구이다.

○. I은 대식세포, II는 형질 세포, III은 세포독성 T림프구이다.

○. ㉠(X에 대한 항체)은 X에 결합할 수 있는 항원 결합 부위를 갖고, X에 결합하는 특이성을 갖는다.

㉔. Ⅲ은 병원체에 감염된 세포를 제거하는 세포독성 T림프구이고, 특이적 방어 작용인 세포성 면역에 관여한다.

### 08 응집원과 응집소

(가)의 적혈구는 항 A 혈청과 응집 반응을 했으므로 응집원 A를 갖고, (가)는 A형이다. (다)의 적혈구는 (가)~(다)의 혈청과 응집 반응을 하지 않았으므로 (다)는 O형이다. (나)는 B형 또는 AB형인데, 표에서 (가)(A형)의 적혈구와 (나)의 혈청이 응집 반응을 했으므로 (나)의 ABO식 혈액형은 혈청에 응집소  $\alpha$ 가 있는 B형이다.

㉑. (가)(A형)의 적혈구와 응집 반응을 한 ㉑은 응집소  $\alpha$ 이고, ㉒은 응집소  $\beta$ 이다.

㉓. (나)(B형)의 적혈구에는 응집원 B가 있고, 항 B 혈청에는 응집소  $\beta$ 가 있으므로 (나)(B형)의 적혈구를 항 B 혈청과 섞으면 응집 반응이 일어난다.

㉔. ABO식 혈액형이 A형인 학생과 (다)(O형)의 혈액에는 모두 ㉒(응집소  $\beta$ )이 있다.

### 09 방어 작용

(가)는 B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체가 생성되는 과정이고, (나)는 세포독성 T림프구에 의해 X에 감염된 세포가 제거되는 과정이다. ㉑은 B 림프구, ㉒은 형질 세포, ㉓은 세포독성 T림프구이다.

㉑. ㉑(B 림프구)이 ㉒(형질 세포)으로 분화되는 과정 I은 보조 T 림프구에 의해 촉진된다.

㉒. ㉒은 세포독성 T림프구이다.

㉓. 세포독성 T림프구에 의해 X에 감염된 세포가 용해되는 (나)는 세포성 면역에 해당한다.

### 10 염증 반응

염증 반응은 피부나 점막이 손상되어 병원체가 체내로 침입하면 열, 부어오름, 붉어짐, 통증이 나타나는 반응이다.

㉑. 염증 반응이 일어날 때 ㉑은 모세 혈관에서 상처 부위로 이동하여 식세포 작용(식균 작용)을 통해 병원체를 제거하는 백혈구이다.

㉒. 과정 I에서 모세 혈관이 확장되어 피부가 붉어지고, ㉑(백혈구)이 상처 부위로 이동한다.

㉓. 과정 II를 통해 병원체의 수가 줄어들었다. 이는 백혈구의 식세포 작용(식균 작용)을 비롯한 비특이적 방어 작용에 의한 결과이다.

### 11 응집 반응

㉑은 응집원 B, ㉒은 응집소  $\beta$ , ㉓은 응집소  $\alpha$ 이다.

㉑. 응집원 A는 응집소  $\alpha$ 와, 응집원 B는 응집소  $\beta$ 와 특이적으로 결합하므로 ㉑(응집원 B)은 ㉒(응집소  $\beta$ )과 특이적으로 결합한다.

㉒. ABO식 혈액형이 A형인 학생은 응집원 A와 ㉒(응집소  $\beta$ )을 갖는다.

㉓. 항 B 혈청에는 ㉒(응집소  $\beta$ )이 있고, 항 A 혈청에는 ㉓(응집소  $\alpha$ )이 있다.

### 12 항원 항체 반응

특정 항체는 항원의 특정 부위에 결합하여 작용하는데, 이를 항원 항체 반응의 특이성이라 한다.

㉑. 이 사람에게 침입한 병원체는 ㉑~㉒과 결합할 수 있는 부위를 모두 갖는  $X_1$ 이다.  $X_2$ 는 ㉑에 대한 결합 부위만 갖고,  $X_3$ 은 ㉒에 대한 결합 부위만 갖는다.

㉒. ㉑은 항원 결합 부위가 삼각형 모양이고,  $X_1$ 과  $X_2$  각각에 삼각형 모양의 항체 결합 부위가 있으므로 ㉑은  $X_1$ ,  $X_2$ 와 각각 결합하여 항원 항체 반응을 할 수 있다.

㉓. ㉒은 항원 결합 부위가 반원 모양이고, 반원 모양의 항체 결합 부위를 갖는 병원체와 결합할 수 있다. ㉒과 결합할 수 있는 부위의 수는  $X_1$ 에서 2,  $X_2$ 에서 0,  $X_3$ 에서 8이다.

### 13 특이적 방어 작용

(가)는 X가 2차 침입했을 때 생성되는 X에 대한 혈중 항체 농도 변화이고, (나)는 X가 1차 침입했을 때 생성되는 X에 대한 혈중 항체 농도 변화이다.

㉑. X가 2차 침입했을 때는 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 혈중 항체 농도 증가가 더 빠르게 일어나는 2차 면역 반응이 일어난다. X에 대한 혈중 항체 농도 증가는 (가)에서 (나)에서보다 빠르므로 (가)는 X가 2차 침입했을 때 생성되는 X에 대한 혈중 항체 농도 변화이고, (나)는 X가 1차 침입했을 때 생성되는 X에 대한 혈중 항체 농도 변화이다.

㉒. 구간 I에서 X에 대한 기억 세포가 기억 세포와 형질 세포로 빠르게 분화하고, 형질 세포는 항체를 생산한다.

㉓. 구간 II에서 X에 대한 항체와 X가 결합하는 체액성 면역이 일어났다.

### 14 특이적 방어 작용

X를 주사한 A에게서 특이적 방어 작용이 일어나 X에 대한 항체와 X에 대한 기억 세포가 생성되었다. B에서 X를 주사한 뒤 ㉑이 분화하였으므로 ㉑은 X에 대한 기억 세포이다.

✕. ㉠은 형질 세포와 기억 세포로 분화할 수 있는 X에 대한 기억 세포이다.

㉡. ㉠에서 ㉠(X에 대한 기억 세포)은 형질 세포와 기억 세포로 분화한다.

㉢. X를 주사한 A에게서 X에 대한 기억 세포가 생성되었다. X에 대한 기억 세포는 보조 T 림프구가 X의 항원을 인식하여 활성화된 후 B 림프구가 기억 세포와 형질 세포로 분화되는 과정을 촉진함으로써 생성된다.

## 15 비특이적 방어 작용

(가)~(라)는 모두 물리적·화학적 장벽에 의한 비특이적 방어 작용이다.

㉠. 눈물, 콧물, 침, 점액에는 라이소자임이라는 효소가 있어, 세균의 세포벽을 분해하여 세균의 감염을 막는다. 라이소자임은 ㉠에 해당한다.

㉡. 기관지 상피 세포층은 각질층으로 덮여 있지 않고 점막을 형성한다. 점막에서는 점액을 분비하는데, 점막의 점액에는 라이소자임과 같은 효소가 포함되어 있다. (나)를 통해 기관지로 들어오는 병원체의 침입을 차단할 수 있다.

✕. (가)~(라)는 모두 병원체의 종류나 감염 경험 여부와 관계없이 감염 발생 시 신속하게 반응이 일어나는 비특이적 방어 작용이다.

## 16 질병

후천성 면역 결핍증(AIDS)은 (가)에 해당한다.

㉠. 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)에 의해 일어나는 후천성 면역 결핍증(AIDS)은 (가)에 해당한다.

㉡. 바이러스는 숙주 세포 안에서만 증식할 수 있다. HIV는 보조 T 림프구에서 증식할 수 있으므로 보조 T 림프구는 HIV의 숙주 세포이다.

✕. HIV에 의해 보조 T 림프구가 파괴되면, 보조 T 림프구에 의해 촉진되는 B 림프구의 형질 세포로의 분화도 일어나지 않는다.

### 3점 수능 테스트

문분 107~111쪽

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

## 01 병원체

결핵의 병원체는 세균, 무좀의 병원체는 진핵생물인 균류, 홍역의 병원체는 바이러스이다. 결핵은 (가)에서 ㉠를 제외한 특징 중 '병원체가 세포 구조이다.' 1가지를 갖고, 무좀은 (가)에서 ㉠를 제외한 특징 '병원체가 세포 구조이다.', '병원체가 핵막을 갖는다.' 2가지를 모두 갖는다. 따라서 ㉠는 A~C가 갖는 공통 특징이어야 A~C가 각각 ㉠~㉢ 중에서 가지는 특징의 수가 1, 2, 3 중 하나가 된다. A는 결핵, B는 무좀, C는 홍역이다.

㉠. ㉠는 A~C의 공통 특징이어야 하므로 '감염성 질병이다.'는 ㉠에 해당한다.

㉡. A(결핵)의 병원체인 세균은 분열법으로 증식한다.

㉢. C(홍역)의 병원체인 바이러스는 세포 구조를 갖지 않는다.

## 02 병원체

㉠과 ㉡은 서로 다른 병원체에 의해 나타나므로 ㉠과 ㉡은 각각 결핵과 독감 중 하나이다. 나머지 ㉢은 비감염성 질병인 당뇨병이다. ㉠과 ㉢ 중 하나는 항생제를 이용하여 치료하므로 ㉠은 세균에 의해 나타나는 결핵이고, ㉡은 독감이다.

✕. ㉠은 독감, ㉡은 결핵, ㉢은 당뇨병이다.

✕. X는 바이러스로 ㉠(독감)의 병원체이다.

㉢. ㉢(당뇨병)이 있는 사람은 체내 글리코젠 합성 등의 물질대사에 이상이 있다.

## 03 방어 작용

㉠은 세포독성 T림프구, ㉡은 B 림프구, ㉢은 기억 세포이다.

㉠. 감염된 세포를 직접 제거하는 ㉠은 세포독성 T림프구이고, ㉠(세포독성 T림프구)은 특이적 방어 작용에 해당하는 세포성 면역을 일으킨다.

㉡. 과정 I은 보조 T 림프구에 의해 세포독성 T림프구가 활성화되는 과정이고, 과정 II는 보조 T 림프구에 의해 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화하는 과정이다. 과정 I과 II는 모두 활성화된 보조 T 림프구에 의해 촉진된다.

㉢. ㉢(기억 세포)이 항체를 분비하는 형질 세포로 분화하는 과정은 2차 면역 반응에서 일어난다.

## 04 방어 작용

I의 혈장에는 ㉠에 대한 항체가 있고, II의 혈장에는 ㉡에 대한 항체가 있다.

㉠. IV에 I의 혈장과 A를 주사했을 때 IV가 생존했으므로 ㉠(I의 혈장)에는 ㉠에 대한 항체가 있다.

✕. (다)에서 ㉡을 주사하기 전 II는 A, ㉠, ㉡에 노출된 적이 없

으므로 ㉠을 주사한 후 항체가 생성된 II에서 ㉠에 대한 1차 면역 반응이 일어났다.

㉡. (다)의 III과 같이 A, ㉠, ㉠에 노출된 적이 없는 생쥐에게 A를 주사하면 죽지만, (라)의 V에 II의 혈장과 A를 함께 주사하면, II의 혈장에 있는 ㉠에 대한 항체와 A가 항원 항체 반응을 일으킨다. 따라서 (마)의 V에서 A에 대한 항원 항체 반응이 일어났다.

### 05 방어 작용

대식세포는 보조 T 림프구에 X의 일부를 제시할 수 있고, 보조 T 림프구는 B 림프구의 형질 세포로의 분화를 촉진하며, 형질 세포는 X에 대한 항체를 생성하므로 ㉠은 보조 T 림프구, ㉠은 B 림프구, ㉠은 형질 세포, ㉠은 대식세포이다. X에 감염되었을 때 X의 수가 증가하는 A는 대식세포가 걸핍된 생쥐이고, B는 정상 생쥐이다.

㉠. ㉠(보조 T 림프구)은 가슴샘에서 성숙되었다.

✕. ㉠(형질 세포)은 분화가 완료된 세포로 다른 세포로 분화할 수 없다. 2차 면역 반응에서 ㉠(형질 세포)은 ㉠(B 림프구)으로 분화할 수 없다.

✕. A는 대식세포가 걸핍된 생쥐이므로, 구간 I의 A에서 ㉠(대식세포)이 ㉠(보조 T 림프구)에게 X의 일부를 제시하는 반응은 B(정상 생쥐)에서보다 활발하게 일어나지 않는다.

### 06 응집 반응

아버지, 어머니, 자녀 1, 자녀 2의 ABO식 혈액형은 서로 다르므로 이 가족 구성원 중 응집원 A, 응집원 B, 응집소  $\alpha$ , 응집소  $\beta$ 를 갖는 사람의 수는 각각 2이다. 자녀 2는 ABO식 혈액형에 대한 응집원을 갖지 않으므로 ㉠과 ㉠은 각각 응집원 A와 응집원 B 중 하나이고, ㉠과 ㉠은 각각 응집소  $\alpha$ 와 응집소  $\beta$  중 하나이다. 아버지의 혈액을 응집소  $\alpha$ 가 있는 항 A 혈청과 섞으면 응집 반응이 일어나므로 아버지는 응집원 A를 갖는다. 따라서 아버지에게는 ㉠은 응집원 A, ㉠은 응집소  $\beta$ 이고, ㉠은 응집소  $\alpha$ , ㉠은 응집원 B이다.

구분	㉠ (응집원 A)	㉠ (응집소 $\beta$ )	㉠ (응집소 $\alpha$ )	㉠ (응집원 B)	ABO식 혈액형
아버지	?(○)	?(○)	×	×	A형
어머니	×	×	○	○	B형
자녀 1	○	×	?(×)	?(○)	AB형
자녀 2	×	?(○)	○	×	O형

(○: 있음, ×: 없음)

㉠. 어머니의 ABO식 혈액형은 B형이다.

✕. 자녀 1의 ABO식 혈액형은 AB형으로 ㉠(응집소  $\alpha$ )을 갖지 않는다.

㉡. 자녀 1의 혈액을 응집소  $\alpha$ 가 있는 항 A 혈청과 섞으면 응집원 A와 응집소  $\alpha$  사이에서 응집 반응이 일어난다.

### 07 방어 작용

㉠ 주사 후 ㉠에서는 항체 농도가 서서히 감소했으므로 ㉠은 X에 대한 항체가 들어 있는 혈청이고, ㉠ 주사 후 X에 대한 1차 면역 반응이 일어났으므로 ㉠은 X\*이며, ㉠ 주사 후 항체 농도 변화는 없었으므로 ㉠은 기억 세포이다.

✕. ㉠은 혈청, ㉠은 X\*, ㉠은 기억 세포이다.

✕. ㉠에서 항체 농도 최댓값이 ㉠에서 항체 농도 최댓값보다 작으므로 구간 I에서는 X에 대한 1차 면역 반응이 일어났고, 구간 II에서는 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

㉡. 구간 II에서 X 주사 후 ㉠(기억 세포)가 형질 세포로 분화되어 항체가 빠르게 생성되었다.

### 08 방어 작용

㉠은 보조 T 림프구, ㉠은 세포독성 T 림프구, ㉠은 B 림프구이다.

㉡. I은 활성화된 세포독성 T 림프구에 의해 항원 A에 감염된 세포가 제거되는 세포성 면역이다.

✕. ㉠(보조 T 림프구)과 ㉠(세포독성 T 림프구)은 모두 가슴샘에서 성숙(분화)되었고, ㉠(B 림프구)은 골수에서 성숙(분화)되었다.

㉡. 이 사람이 A에 처음 감염되면 비특이적 방어 작용인 (가)가 일어난 후 특이적 방어 작용인 (나)가 일어난다.

### 09 응집 반응

그림에서 A형인 I의 적혈구와 결합한 ㉠은 응집소  $\alpha$ , B형인 II의 적혈구와 결합한 ㉠은 응집소  $\beta$ 이다. ㉠이 응집원 A라면 ㉠(응집원 A)을 가진 학생은 A형과 AB형이고, ㉠(응집소  $\alpha$ )을 가진 학생은 B형과 O형이므로 ㉠과 ㉠을 가진 학생 수의 합은 220이 되어 집단의 학생 수가 200이라는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉠은 응집원 B이고, ㉠은 응집원 A이다. ㉠과 ㉠을 가진 학생 수의 합이 200이 아니므로 ㉠과 ㉠을 가진 학생 수의 합이 200이고, ㉠과 ㉠을 가진 학생 수의 합은 200이다.

구분	혈액형	학생 수
㉠(응집원 B)을 가진 학생	B형+AB형	95
㉠(응집원 A)을 가진 학생	A형+AB형	㉠(75)
㉠(응집소 $\beta$ )을 가진 학생	A형+O형	?(105)
㉠(응집소 $\alpha$ )을 가진 학생	B형+O형	125
㉠(응집소 $\beta$ )과 ㉠(응집소 $\alpha$ )을 모두 가진 학생	O형	70

따라서 A형인 학생의 수는 35, B형인 학생의 수는 55, AB형인 학생의 수는 40, O형인 학생의 수는 70이다.

✕. ㉔는 75이다.

㉑. 이 집단에서 O형인 학생의 수는 70, B형인 학생의 수는 55이므로 O형인 학생의 수가 B형인 학생의 수보다 많다.

㉒. ㉑(응집소  $\beta$ )에 응집되는 ABO식 혈액형은 B형과 AB형이므로 ㉑(응집소  $\beta$ )에 응집되는 혈액을 가진 학생의 수는 95이다.

㉓(응집소  $\alpha$ )에 응집되지 않는 ABO식 혈액형은 B형과 O형이므로 ㉓(응집소  $\alpha$ )에 응집되지 않는 ABO식 혈액형을 가진 학생의 수는 125이다. 따라서 ㉑(응집소  $\beta$ )에 응집되는 혈액을 가진 학생의 수가 ㉓(응집소  $\alpha$ )에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생의 수보다 적다.

## 10 백신

1차 면역 반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 물질에는 백신이라 한다.

㉑. A에는 대식세포가 인식하여 분해한 후 보조 T 림프구에 제시할 수 있는 항원 단백질이 있다.

㉒. B에서 ㉔(바이러스 껍질)는 X의 핵산을 체내로 옮기는 역할을 한다. X의 핵산이 체내로 옮겨지면 X의 핵산으로부터 항원 단백질이 생성되고, 사람의 몸에서는 면역 반응이 일어난다.

✕. C는 대식세포가 직접 인식할 수 있는 항원 단백질을 포함하는 백신이다. 보조 T 림프구가 결핍된 사람은 기억 세포가 형성될 수 없어 질병 예방 효과가 나타나지 않는다.

## 08 유전 정보와 염색체

### 2점 수능 테스트

본문 123~127쪽

01 ㉑ 02 ㉑ 03 ㉔ 04 ㉑ 05 ㉑ 06 ㉑ 07 ㉑  
08 ㉑ 09 ㉑ 10 ㉑ 11 ㉑ 12 ㉑ 13 ㉑ 14 ㉑  
15 ㉑ 16 ㉑ 17 ㉑ 18 ㉔ 19 ㉑ 20 ㉑

### 01 염색체의 구조

㉓는 히스톤 단백질, ㉑는 풀어져 있는 염색체, ㉒는 응축된 염색체이다.

✕. 유전체는 한 개체가 가진 모든 염색체를 구성하는 DNA에 저장된 유전 정보 전체이다.

✕. 염색체는 간기에 풀어져 있다가 M기에 두껍게 응축한다.

㉑. S기에 DNA가 복제되어 M기에 2개의 염색 분체로 이루어진 염색체가 관찰된다.

### 02 생식세포의 형성과 유전적 다양성

감수 분열 시 상동 염색체가 무작위로 배열된 후 독립적으로 분리된다.

㉑. 감수 1분열을 거쳐 G와 g가 서로 다른 세포로 들어가므로 G와 g를 모두 갖는 생식세포는 형성되지 않는다.

✕. ㉑에서 생식세포가 형성될 때, 이 생식세포의 (가)~(다)의 유전자형으로 가능한 것은 EfG, Efg, efG, efg로 최대 4가지이다.

㉒. ㉑에서 생식세포가 형성될 때, 이 생식세포가 e를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ , f를 가질 확률은 1, G를 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 이 생식세포의 (가)~(다)의 유전자형이 efG일 확률은  $\frac{1}{2} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

### 03 핵형 분석

핵형은 한 생물이 가진 염색체의 수, 모양, 크기 등과 같이 관찰할 수 있는 염색체의 형태적인 특징이다.

㉑. ㉑은 체세포 분열이고, 체세포 분열에서는 2가 염색체가 형성되지 않는다.

✕. 간기에는 염색체가 풀어져 있으므로 간기는 핵형을 분석하기에 적합한 시기가 아니다. 응축된 염색체는 M기에 관찰되므로 ㉑은 M기의 세포이다.

㉒. 이 핵형 분석 결과에서 성염색체 수는 2, 상염색체 수는 44이

고, 1개의 상염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 상염색체의 염색 분체 수는 88이다.

#### 04 세포 주기

구간 I에는 S기 세포, 구간 II에는 G<sub>2</sub>기 세포와 M기 세포가 있다.

- ㉠. 세포당 DNA양이 1인 세포는 G<sub>1</sub>기 세포이고, 세포당 DNA양이 2인 세포는 G<sub>2</sub>기 세포 또는 M기 세포이므로 G<sub>1</sub>기의 세포 수가 G<sub>2</sub>기의 세포 수보다 많다.
- ㉡. 체세포 분열에서 염색 분체가 분리되는 시기는 M기의 후기이므로 구간 II에는 염색 분체가 분리되는 시기의 세포가 있다.
- ㉢. S기 세포와 G<sub>2</sub>기 세포는 모두 핵막을 가지므로 구간 I과 II에는 모두 핵막을 갖는 세포가 있다.

#### 05 감수 분열

그림은 감수 분열 과정 중 일부에서 세포 1개당 DNA 상대량의 변화를 나타낸 것이다.

- ㉠. t<sub>1</sub>은 간기의 한 시점이고, t<sub>1</sub>일 때 세포 1개당 DNA 상대량은 4이므로 t<sub>1</sub>은 G<sub>2</sub>기의 한 시점이다.
- ㉡. t<sub>2</sub>는 감수 1분열 중기의 한 시점, t<sub>3</sub>는 감수 2분열 중기의 한 시점이다. 따라서 t<sub>2</sub>에서 t<sub>3</sub>으로 시간이 지나는 동안 상동 염색체가 분리된다.
- ㉢. t<sub>3</sub>일 때 세포와 t<sub>4</sub>일 때 세포의 핵상은 n으로 같으므로 세포 1개당 염색체 수는 t<sub>3</sub>일 때와 t<sub>4</sub>일 때가 같다.

#### 06 생식세포

제시된 세포의 핵상은 n이고, 염색체 수는 5이다.

- ㉠. ㉠의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색체 수는 10이다. 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성하므로 ㉠의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 2가 염색체 수는 5이다.
- ㉡. ㉠의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색체 수는 10이며, 체세포 분열 중기에 1개의 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 ㉠의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 20이다.
- ㉢. ㉠의 특정 형질의 유전자형은 Aa이므로 G<sub>2</sub>기의 세포 1개당 A의 수와 a의 수는 각각 2이다. 따라서 G<sub>2</sub>기의 세포 1개당 대립 유전자 A와 a의 DNA 상대량을 더한 값은 4이다.

#### 07 염색체의 구조

염색체는 DNA와 단백질로 이루어진 복합체이다.

- ㉠. I과 II는 1개의 염색체를 이루는 염색 분체이다.
- ㉡. ㉠은 히스톤 단백질, ㉢은 DNA이며, DNA가 유전 물질이다.

㉣. 뉴클레오솜은 DNA가 히스톤 단백질을 감아 형성된 구조이다.

#### 08 감수 분열

이 사람의 유전자형이 aaBbDd이므로 G<sub>1</sub>기 세포 I에는 a가 2개, b가 1개, D가 1개 있다.

- ㉠. I과 III에는 각각 a가 2개 있고, II에는 a가 4개 있으며, (가)에는 a가 1개 있으므로 (가)는 IV이다. (나)에는 D가 2개 있고, (라)에는 b가 2개 있으므로 (다)는 I이다.
- ㉡. IV에는 b가 없으므로 B가 1개 있고, III에는 b가 없고 B가 2개 있다. (라)에는 b가 2개 있으므로 (라)가 II, (나)가 III이다. (가)에는 D가 1개 있고, (나)에는 b가 없으며, (라)에는 a가 4개 있으므로 ㉠+㉡+㉢=5이다.
- ㉢. (라)에는 d가 2개, (다)에는 d가 1개 있으므로 d의 DNA 상대량은 (라)가 (다)의 2배이다.

#### 09 상동 염색체와 대립유전자

대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 있으며, 같은 형질을 결정하는 유전자이다.

- ㉠. 이 사람의 특정 형질의 유전자형은 Rr이고, (가)에 R가 있으므로 ㉠은 r이다.
- ㉡. 동원체는 세포 분열 시 방추사가 부착되는 부분이다.
- ㉢. 뉴클레오솜은 염색체에서 DNA가 히스톤 단백질을 감아 형성된 구조이므로 (가)에는 뉴클레오솜이 있다.

#### 10 감수 분열

세포 1개당 염색체 수는 (나)가 4, (다)가 8이므로 (나)는 감수 2분열 중기의 세포, (다)는 감수 1분열 중기의 세포이다.

- ㉠. (가)의 세포 1개당 H와 h의 DNA 상대량을 더한 값이 1이므로 (가)는 감수 2분열이 완료되어 형성된 세포이고, ㉠은 4이다. (다)에는 H가 2개, h가 2개 있으므로 ㉡은 4이다.
- ㉡. (가)와 (나)의 핵상은 n으로 같다.
- ㉢. (다)에서 (나)로 되는 과정에서 상동 염색체가 분리된다.

#### 11 염색체와 핵형

(가)의 핵상은 n이고 Y 염색체를 제외한 나머지 염색체의 수는 5이다. (나)의 핵상은 2n이고 Y 염색체를 제외한 나머지 염색체의 수는 6이다. (다)의 핵상은 n이고 Y 염색체를 제외한 나머지 염색체의 수는 6이다.

- ㉠. (가)와 (다)에는 동일한 종류의 상염색체가 있으므로 (가)와 (다)는 I의 세포이고, (나)는 II의 세포이다. (가)와 (다)의 핵상이 같은데, 나타낸 염색체 수는 (가)가 5, (다)가 6이므로 (가)에는

Y 염색체가 1개 있다. 따라서 I의 성염색체는 XY이므로 I은 수컷이다.

Ⓒ. 세포 1개당 X 염색체 수는 (나)가 2, (다)가 1이다.

✕. I의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색체 수는 12이고, 감수 1분열 중기의 세포에서 1개의 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있다. 따라서 I의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 24이다.

## 12 감수 분열

이 사람의 (가)의 유전자형은 AaBb이고, ㉠에는 b가 없으며, ㉡에는 A가 없으므로 ㉠과 ㉡은 모두 감수 2분열 중기의 세포이다.

Ⓒ. ㉠에는 A가 1개 있고, b가 없으므로 ㉠은 감수 2분열이 완료되어 형성된 세포이다. ㉡에는 b가 없으므로 B가 1개 있고, A와 B가 9번 염색체에 함께 있다. 이 사람에서 A와 B가 9번 염색체에 함께 있고, a와 b가 9번 염색체에 함께 있다. ㉠은 감수 2분열 중기의 세포이고, ㉠에는 b가 없으므로 ㉠에는 A와 B가 각각 2개 있다. 따라서 ㉠은 2이다.

Ⓓ. ㉠과 ㉡의 핵상은  $n$ 으로 같다.

Ⓔ. ㉠에는 A와 B가 모두 없고, a와 b가 모두 있다.

## 13 감수 분열

Ⓒ가 ㉠보다 크므로 ㉠은 감수 2분열 중기의 세포, ㉡은 감수 1분열 중기의 세포이다. ㉢에는 E가 없으므로 ㉢은 감수 2분열 중기의 세포이다.

Ⓒ. 상염색체 수는 ㉠이 ㉡의 2배이고, ㉠과 ㉢이 같다.  $a+b+c=12$ 이므로 ㉠과 ㉢은 각각 3이고, ㉡는 6이다.

Ⓓ. ㉠이 갖는 염색체 수는 8이므로 2가 염색체 수는 4이다.

Ⓔ. ㉢에는 E가 없고, e가 2개 있으므로 ㉢이 갖는 e의 DNA 상대량은 2이다.

## 14 체세포 분열

Ⓒ의 핵상은  $n$ 이고 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 ㉠은 감수 2분열 중기의 세포이다.

Ⓒ. 구간 I은  $G_1$ 기에 해당하므로 구간 I에서 세포의 핵상은  $2n$ 이다.

✕. ㉠은 감수 2분열 중기의 세포이므로 체세포 분열 과정에서 관찰되지 않는다.

✕.  $G_2$ 기에서는 세포 1개당 DNA 상대량이 2이고, 구간 III은  $G_1$ 기에 해당한다.

## 15 생식세포의 형성과 유전적 다양성

P에서 정자가 형성될 때, 이 정자의 (가)의 유전자형으로 가능한 것은 ABDe, ABdE, abDe, abdE이다.

✕. P에서 (가)의 유전자형이 abDE인 정자는 형성될 수 없다.

Ⓒ. P에서 정자가 형성될 때, 이 정자의 (가)의 유전자형으로 가능한 것은 ABDe, ABdE, abDe, abdE로 최대 4가지이다.

Ⓒ. P에서 정자가 형성될 때, 이 정자가 A와 B를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ . d와 E를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 A, B, d, E를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

## 16 감수 분열

I과 II에는 각각 ㉠이 2개 있고, III에는 ㉠이 4개 있으므로 I과 II는 감수 2분열 중기의 세포, III은 감수 1분열 중기의 세포이다.

Ⓒ. I에는 ㉠이 있으므로 III에도 ㉠이 있다. 따라서 III에는 A, B, b가 모두 있으므로 III에 4개가 있는 ㉡은 A이고, ㉠과 ㉢ 중 하나는 B, 나머지 하나는 b이다.

Ⓒ. I에는 ㉠이 2개 있으므로 ㉠이 없고, II에는 ㉠이 없으므로 ㉠이 2개 있으며, III에는 ㉠이 2개 있다. 따라서 ㉠은 0, ㉡는 2, ㉢는 2이므로 ㉠+㉡+㉢=4이다.

Ⓒ. 감수 1분열 중기의 세포인 III의 염색체 수는 46이고, 감수 1분열 중기에 1개의 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 III의 염색 분체 수는 92이다.

## 17 세포 주기

㉠은 S기, ㉡은 M기, ㉢은  $G_1$ 기이다.

Ⓒ.  $G_1$ 기, S기,  $G_2$ 기는 모두 간기에 속한다.

Ⓒ. M기의 전기에 핵막이 소실되고, 말기에 핵막이 형성된다.

Ⓒ. S기에 DNA 복제가 일어나므로 핵 1개당 DNA양은  $G_2$ 기가  $G_1$ 기보다 많다.

## 18 감수 분열

이 동물은  $2n=6$ 이므로 (나)는 감수 2분열 후기의 세포이다.

✕. 1개의 염색체를 이루던 2개의 염색 분체는 대립유전자 구성이 같으므로 ㉠에는 H가 있다.

Ⓒ. (나)는 감수 2분열 후기의 세포이므로 (나)가 관찰되는 시점은  $t_3$ 이다.

Ⓒ.  $t_1$ 은  $G_1$ 기의 시점이다. 감수 1분열 전기에 2가 염색체가 형성되고, 감수 1분열 후기에 상동 염색체가 분리되므로  $t_1$ 의 세포와  $t_3$ 의 세포에는 모두 2가 염색체가 없다.

## 19 염색체와 핵형

세포에서 모든 염색체가 2개씩 상동 염색체 쌍을 이루고 있으면 핵상은  $2n$ 으로 표시하고, 상동 염색체 중 1개씩만 있어 염색체가 쌍을 이루고 있지 않으면  $n$ 으로 표시한다.

- ✕. (가)의 핵상은  $n$ 이고 염색체 수는 4이며, (나)의 핵상은  $2n$ 이고 염색체 수는 4이므로 (가)는 II의 세포, (나)는 I의 세포이다.  
 ○. (가)의 핵상은  $n$ , (나)의 핵상은  $2n$ 이다.  
 ✕. II의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색체 수는 8이고, 감수 1분열 중기에 1개의 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 II의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 16이다.

### 20 감수 분열

- H+R+T는 III이 I보다 클 수 없고, III의 H+R+T는 3보다 클 수 없다.  
 ○. II의 H+R+T는 0이거나 짝수이므로 ①은 II, ②은 I, ③은 III이다.  
 ○. I의 H+R+T가 5이므로 이 사람의 (가)의 유전자형은 HhRRTT, HHRrTT, HHRRTt 중 하나이다.  
 II의 H+R+T가 4이므로 II에는 H, R, T 중 2가지가 각각 2개 있고, III에는 H, R, T가 각각 1개 있다. 따라서 ④는 3이다.  
 ✕. II에는 H, R, T 중 2가지가 있다.

### 3점 수능 테스트

본문 128~133쪽

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

### 01 염색체와 핵형

- (가)와 (다)에는 같은 종류의 상염색체가 있으므로 (가)와 (다)는 같은 종의 세포이다. (가)의 핵상은  $n$ 이고 X 염색체를 제외한 나머지 염색체 수는 3이며, (다)의 핵상은  $2n$ 이고 X 염색체를 제외한 나머지 염색체 수는 4이다. 따라서 (가)에는 Y 염색체가 있고, (다)에는 X 염색체가 2개 있다. (다)는 II의 세포이므로 (가)는 I의 세포이다.  
 ○. (나)와 (라)에는 같은 종류의 상염색체가 있으므로 (나)와 (라)는 모두 III의 세포이다. (라)에는 X 염색체가 1개 있다.  
 ○. (가)와 (나)에는 모두 Y 염색체가 있으므로 I과 III은 모두 수컷이다. 따라서 (가)와 (라)는 모두 수컷의 세포이다.  
 ○. (다)의 X 염색체 수와 (라)의 상염색체 수는 각각 2이다.

### 02 감수 분열

- ②에는 R가 없고, r가 1개 있으며, T가 2개 있으므로 ②은  $G_1$ 기 세포인 I이며, I에는 t가 없다. R와 r는 상염색체에 있고, II,

III, IV에는 모두 R가 없다.

- . ②에는 r가 1개 있으므로 ②은 IV이다. II에는 r가 2개 있고, IV에 r가 있으므로 III에는 r가 없다. 따라서 ④와 ⑤ 중 하나는 2이고, 나머지 하나는 0이므로 ⑥는 2이다. II에는 T가 4개 있고, III에는 T가 2개 있으므로 ①은 III, ①은 II이다.  
 ✕. ①은 III, ①은 II이므로 ④는 0, ⑤는 2이다.  
 ○. ②에서 r는 상염색체에 있다.

### 03 감수 분열

- 상염색체 수는 I이 6, II가 6, III이 3, IV가 3이다.  
 ✕. Q의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 1이면  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 I이 6, II가 3이지만 III과 IV 중 하나에는 대문자로 표시되는 대립유전자가 없으므로 제시된 표의 조건을 만족하지 못한다. Q의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 2이면  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 I이 3, II가 1.5이지만 IV의  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 1이나 2가 될 수 없으므로 제시된 표의 조건을 만족하지 못한다. Q의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4이면  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 I이 1.5, II가 0.75이므로 제시된 표의 조건을 만족하지 못한다. 따라서 Q의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 3이므로 Q의 (가)의 유전자형은 EEFf 또는 EeFF이다.

- .  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 I이 2, II가 1이다. ①의  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 3이므로 ①은 I과 II가 아니고, ①의 E+F는 1이다. 따라서 ①은 IV이다. Q의 (가)의 유전자형이 EEFf이면 IV에는 E와 f가 각각 1개 있고, 유전자형이 EeFF이면 IV에는 e와 F가 각각 1개 있다.  
 ✕. III에는 E와 F가 각각 2개 있으므로 III의 E+F는 4이고,  $\frac{\text{상염색체 수}}{E+F}$ 는 0.75이다. 따라서 ②은 III, ②은 II, ②은 I이고, ②는 0.75이다.

### 04 염색체와 유전자

- I에는 ①이 2개 있고, ②, ③, ④이 없으므로 I은 남자의 감수 2분열 중인 세포이고, ②, ③, ④ 중 2가지는 상염색체에 있다.  
 ○. III에는 ①이 1개, ②이 2개, ③이 1개 있으므로 A, a, B, b 중 3가지가 있다. 따라서 III은 핵상이  $2n$ 인 세포이다. 남자의 세포인 I에는 ④이 없으므로 III은 여자의 세포이고, II와 IV는 남자의 세포이다.  
 ✕. II에는 ①과 ②이 각각 1개 있으므로 II는 감수 2분열이 완료되어 형성된 세포이고, ①과 ②은 서로 대립유전자가 아니다. IV



에는 ㉔과 ㉕이 각각 2개 있으므로 IV는 감수 2분열 중인 세포이고, ㉔과 ㉕은 서로 대립유전자가 아니다. 따라서 ㉑은 ㉔과 대립유전자이고, ㉒은 ㉔과 대립유전자이다.

㉓ 성염색체가 XY인 남자는 ㉑, ㉒, ㉕을 갖고, ㉒을 갖지 않으므로 ㉑과 ㉕은 상염색체에, ㉔과 ㉒은 X 염색체에 있다.

## 05 감수 분열

G<sub>1</sub>기 세포인 I이 갖는 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0, 1, 2 중 하나이고, 감수 1분열 중기의 세포인 II가 갖는 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0, 2, 4 중 하나이다. 감수 2분열 중기의 세포인 III이 갖는 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0과 2 중 하나이고, 감수 2분열이 완료되어 형성된 IV가 갖는 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0과 1 중 하나이다. 따라서 대립유전자의 DNA 상대량이 0, 1, 2인 경우가 모두 있는 ㉑은 I이다.

㉒ ㉑에서 ㉔가 0이면 나머지 세포가 갖는 d의 DNA 상대량도 0인데 그렇지 않으므로 ㉒는 0이 아니다. ㉔가 0이면 나머지 세포가 갖는 e의 DNA 상대량도 0인데 그렇지 않으므로 ㉒는 0이 아니다. 따라서 ㉔가 0이다. ㉔가 2이면 II가 갖는 e의 DNA 상대량은 4인데, 제시된 표에서 e의 DNA 상대량이 4인 세포는 없으므로 ㉒는 1, ㉒는 2이고, P의 (가)의 유전자형은 ddEeff이다.

㉓ II에는 d가 4개, III에는 d가 2개, IV에는 d가 1개 있으므로 ㉑은 IV, ㉒은 III, ㉒은 II이다.

㉓ III에는 D가 없고, E와 f가 각각 2개 있으므로 III에서  $\frac{D\text{의 DNA 상대량} + f\text{의 DNA 상대량}}{E\text{의 DNA 상대량}} = 1$ 이다.

## 06 염색체와 유전자

DNA가 복제된 상태인 G<sub>2</sub>기 세포가 갖는 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0, 2, 4 중 하나이다. 따라서 A와 D는 각각 ㉑과 ㉒ 중 하나이고, B와 C는 각각 I의 G<sub>2</sub>기 세포와 II의 G<sub>2</sub>기 세포 중 하나이다.

✕. 생식세포인 A와 D에는 각각 T가 1개 있고, t가 없으므로 t가 2개 있는 C는 I의 G<sub>2</sub>기 세포이고, B는 II의 G<sub>2</sub>기 세포이다. B는 DNA가 복제된 G<sub>2</sub>기 세포이므로 ㉒는 4이다.

㉑. A에는 R과 r가 없고, D에는 R가 1개 있고, r가 없다. B에는 R가 2개 있고 r가 없으며, C에는 R와 r가 각각 2개 있다. 따라서 R와 r는 X 염색체에 있고, I은 암컷, II는 수컷이다.

✕. A에는 R와 r가 모두 없으므로 Y 염색체가 있고, 수컷의 생식세포이다. 따라서 A는 ㉑, D는 ㉑이다.

## 07 세포 주기와 체세포 분열

구간 I에는 G<sub>1</sub>기 세포가 있고, 구간 II에는 G<sub>2</sub>기 세포와 M기 세포가 있다.

㉑. G<sub>1</sub>기 세포는 핵막을 갖고 있다. M기의 전기에 핵막이 소실되고, 말기에 핵막이 형성된다. 따라서 핵막이 소실된 세포 수는 구간 II에서 구간 I에서보다 많다.

㉒. (나)에서는 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동하고 있으므로 ㉑ 시기는 M기의 후기이다. 따라서 구간 II에는 ㉑ 시기의 세포가 있다.

✕. 이 동물의 특정 형질의 유전자형은 Tt이고, 체세포 분열이 완료되어 형성된 딸세포에는 T와 t가 모두 있으므로 ㉒에는 T가 있다.

## 08 염색체와 유전자

㉑의 A+B는 3이므로 ㉑에는 A가 2개, B가 1개 또는 A가 1개, B가 2개 있다. 따라서 ㉑은 G<sub>1</sub>기 세포이다. III은 A가 없으므로 ㉑이 아니고, I에는 d가 없고, II에는 d가 있으므로 ㉑은 II이다.

㉒. (가)의 유전자는 상염색체에 있고 III에는 A가 없으므로 a가 있으며, II에는 A와 a가 각각 1개 있고 b가 없으므로 B가 2개 있다. 따라서 (나)의 유전자는 상염색체에, (다)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉓. I에는 A와 B가 있으므로 ㉑은 I, ㉑은 III이다.

㉓. II가 갖는 a의 DNA 상대량은 1, B의 DNA 상대량은 2, d의 DNA 상대량은 1이므로

$$\frac{a\text{의 DNA 상대량} + B\text{의 DNA 상대량}}{d\text{의 DNA 상대량}} = 3\text{이다.}$$

## 09 염색체와 핵형

(가), (다), (라)의 핵상은 모두 n이고, (나)의 핵상은 2n이다.

㉑. (가)~(라) 중 A의 세포는 2개이므로 이 2개의 세포는 (가)와 (다) 또는 (나)와 (라)이다. B의 세포와 C의 세포의 핵상은 다르고, C의 세포에는 X 염색체가 없으므로 (가)와 (다)는 A의 세포, (나)는 B의 세포, (라)는 C의 세포이다.

㉒. A, B, C는 2가지 종류로 구분되고, B의 세포와 C의 세포에는 같은 종류의 상염색체가 있으므로 B와 C는 같은 종이다.

㉓. A와 B의 성염색체는 XY이고, C의 세포인 (라)에는 Y 염색체가 있으므로 C의 성염색체는 XY이다. 따라서 A~C는 모두 수컷이다.

## 10 염색체와 유전자

㉔가 '없음', ㉔가 '있음'이면 III에는 H, h, T, t 중 3가지가 있으므로 III의 핵상은 2n이고, III에는 ㉔가 없는데, IV에는 ㉔가 있어서 성립되지 않는다. 따라서 ㉔가 '있음', ㉔가 '없음'이다.

㉑. III에는 ㉑, ㉑, ㉑이 없고, ㉒이 있으므로 ㉒은 상염색체에 있는 H와 h 중 하나이며, III에는 X 염색체가 없고 Y 염색체가 있

다. 따라서 P는 남자이다. IV에는 ㉠과 ㉡이 있고, ㉢과 ㉣이 없으므로 IV의 핵상은  $n$ 이고, ㉠과 ㉡은 서로 대립유전자가 아니다. II에는 ㉠이 없고 ㉢, ㉣, ㉤이 있으며, I에는 ㉠과 ㉢이 없고 ㉣과 ㉤이 있으므로 II의 핵상은  $2n$ , I의 핵상은  $n$ 이고, ㉣과 ㉤은 서로 대립유전자가 아니다. 따라서 ㉠은 ㉣과 대립유전자이고, ㉢은 ㉤과 대립유전자이다. ㉠과 ㉢ 중 하나는 H, 나머지 하나는 h이고, ㉣과 ㉤ 중 하나는 T, 나머지 하나는 t이다.

✕. II에는 ㉢, ㉣, ㉤이 있으므로 K의 (가)의 유전자형은 HH 또는 hh이고, (나)의 유전자형은 Tt이다. 따라서 성염색체가 XX인 K는 여자이다.

㉠. I~IV 중 III에만 Y 염색체가 있다.

### 11 염색체와 유전자

I에는 F가 2개, g가 4개 있으므로 I은 DNA가 복제된 상태이고, I의 핵상은  $2n$ 이다. II에는 g가 없으므로 I과 II는 서로 다른 개체의 세포이고, F는 X 염색체에 있으므로 I은 수컷의 세포, II는 암컷의 세포이다.

㉠. I에는 E가 없는데, III에는 E가 있으므로 III은 암컷의 세포, IV는 수컷의 세포이다. IV에는 E와 e가 모두 없으므로 E와 e는 X 염색체에 있다.

㉡. III은 E와 e가 각각 1개 있으므로 III의 핵상은  $2n$ 이다. III에는 f가 없으므로 F가 2개 있고, G와 g가 각각 1개 있다. 따라서 P와 Q 중 암컷의 (나)와 (다)의 유전자형은 FFGg이다.

✕. I에는 E와 f가 모두 없고, F가 2개 있으므로 e는 2개 있고, ㉠은 2이다. II에는 F가 2개 있고, g가 없으므로 G가 2개 있고, ㉢은 2이다. I에서 e와 F는 X 염색체에 함께 있고, IV에는 e가 없으므로 F도 없다. 따라서 ㉣은 0이고, ㉠+㉢+㉣=4이다.

### 12 염색체와 유전자

II에는 E, e, G, g 중 3가지가 있으므로 II의 핵상은  $2n$ 이고, II는 (다)이다. II에는 X 염색체가 2개 있으므로 II는 P와 Q 중 암컷의 세포이다.

㉠. I에는 ㉠, ㉢, g는 없고 ㉣이 있으므로 ㉣은 상염색체에 있는 E와 e 중 하나이다. I에는 X 염색체가 없고, Y 염색체가 있으므로 I은 (가)이고 P와 Q 중 수컷의 세포이며, III은 (나)이다.

✕. 핵상이  $2n$ 인 II에는 ㉣이 없고 III에는 ㉣이 있으므로 III은 P와 Q 중 수컷의 세포이다.

㉡. 핵상이  $n$ 인 III에는 ㉣과 ㉤이 있으므로 ㉣과 ㉤은 서로 대립유전자가 아니다. 따라서 ㉠과 ㉢ 중 하나는 E, 나머지 하나는 e이고, ㉣은 G이다.

## 09 사람의 유전

### 2점 수능 테스트

본문 143~147쪽

- 01 ㉤   02 ㉣   03 ㉠   04 ㉤   05 ㉣   06 ㉠   07 ㉤  
 08 ㉤   09 ㉢   10 ㉢   11 ㉡   12 ㉢   13 ㉢   14 ㉡  
 15 ㉣   16 ㉢   17 ㉠   18 ㉣   19 ㉣   20 ㉢

### 01 사람의 유전 연구

- ㉠. 사람의 유전 형질은 복잡하고 유전자의 수가 많아 형질 발현 결과를 분석하기 어렵다.  
 ㉡. 사람의 유전 연구 방법 중 가계도 조사를 통해 특정 유전 형질의 우열 관계와 유전자의 전달 경로 등을 알아낼 수 있다.  
 ㉢. 사람의 유전 연구 방법 중 집단 조사를 통해 특정 유전 형질의 특징과 분포를 알아낼 수 있다.

### 02 상염색체 유전

구성원 1과 2에서 (가)가 발현되었는데 3에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)는 우성 형질이다. 대립유전자 A가 a에 대해 완전 우성이라고 하였으므로, A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. 또한 우성 형질인 (가)가 발현된 1(아버지)의 딸인 3에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)의 유전은 상염색체 우성 유전이다.

- ㉠. (가)는 우성 형질이다.  
 ✕. 우성 형질인 (가)가 발현된 1(아버지)의 딸인 3에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.  
 ㉡. 4와 7의 (가)의 유전자형은 모두 Aa이므로 같다.

### 03 상염색체 유전

구성원 1과 2에서 (가)가 발현되지 않았는데 3에서 (가)가 발현되었으므로 (가)는 열성 형질이다. 열성 형질인 (가)가 발현된 3(딸)의 1(아버지)에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)의 유전은 상염색체 열성 유전이다. 1과 2의 (가)의 유전자형은 HH\*이고, 구성원 1과 4 각각의 체세포 1개당 H의 DNA 상대량을 더한 값은 3의 체세포 1개당 H의 DNA 상대량과 같다고 하였으므로 구성원 4의 (가)의 유전자형은 HH\*이고 3의 (가)의 유전자형은 HH이다. 3은 열성 형질인 (가)가 발현되었으므로 H는 (가) 발현 대립유전자, H\*는 정상 대립유전자이다.

㉠ 1과 2의 (가)의 유전자형은 모두  $HH^*$ 이므로 이형 접합성이다.

㉡. 열성 형질인 (가)가 발현된 3(딸)의 1(아버지)에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉢. (가)의 유전자형이 4는  $HH^*$ 이고, 5는  $HH$ 이다. 따라서 4와 5 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 (가)가 발현된 남자일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

#### 04 성염색체 유전

(가)가 발현된 남자와 정상인 여자 사이에서 태어난 딸은 모두 (가)가 발현되므로 (가)는 성별에 따라 발현 비율이 다른 성염색체 유전 형질임을 알 수 있다. (가)가 발현된 여자와 정상인 남자 사이에서 태어난 아이 중 (가)가 발현된 아이와 정상인 아이가 모두 있다고 하였으므로 (가)는 X 염색체 우성 유전 형질이다. (가)가 열성 형질이라면, (가)가 발현된 남자와 정상인 여자 사이에서 정상인 딸이 태어날 수 있다.

㉣. (가)는 우성 형질이다.

㉤. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉥. (가)의 유전자형은 ㉠이  $X^A Y$ 이다. (가)가 발현된 여자와 정상인 남자 사이에서 태어난 아이 중에는 (가)가 발현된 아이와 정상인 아이가 모두 있다고 하였으므로 ㉠의 (가)의 유전자형은 이형 접합성이다. ㉠의 (가)의 유전자형은  $X^A X^a$ 이고, ㉠, ㉡과 각각 유전자형이 같은 남자와 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 가능한 유전자형은  $X^A X^A$ ,  $X^A X^a$ ,  $X^A Y$ ,  $X^a Y$ 이다. 따라서 (가)가 발현될 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

#### 05 성염색체 유전

구성원 5는 여자인데 체세포 1개당  $R^*$ 의 DNA 상대량이 1이므로  $R$ 의 DNA 상대량은 1이다. 6은 남자인데 체세포 1개당  $R^*$ 의 DNA 상대량이 0이므로  $R$ 와  $R^*$ 가 상염색체 있으면, (가)의 유전자형은  $RR$ 이고 X 염색체에 있으면  $X^R Y$ 이다. 6은 (가)가 발현되지 않았으므로  $R$ 는 정상 대립유전자,  $R^*$ 는 (가) 발현 대립유전자이다. (가)가 발현되지 않은 5의 (가)의 유전자형이  $RR^*$ 이므로  $R$ 가  $R^*$ 에 대해 완전 우성이며, (가)의 유전은 열성 유전이다.  $R$ 와  $R^*$ 가 상염색체에 있다면 3의 (가)의 유전자형은  $R^* R^*$ 이므로 6의 (가)의 유전자형이  $RR^*$ 이어야 한다. 그러나 6은  $R^*$ 의 DNA 상대량이 0이므로 (가)의 유전은 X 염색체 열성 유전이다.

㉦. (가)는 열성 형질이다.

㉧. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉨. (가)의 유전자형은 5가  $X^R X^{R^*}$ 이고, 6은  $X^R Y$ 이다. 따라서 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 유전자형은  $X^R X^R$ ,  $X^R X^{R^*}$ ,  $X^R Y$ ,  $X^{R^*} Y$ 가 가능하므로 (가)가 발현된 남자일

확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

#### 06 사람의 유전 연구

PTC 미맹과 눈꺼풀은 상염색체 단일 인자 유전 형질, 키는 다인자 유전 형질이다.

㉩. PTC 미맹은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되는 단일 인자 유전 형질이다.

㉪. 눈꺼풀은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되는 단일 인자 유전 형질이며 대립 형질이 뚜렷하게 구별된다. 3가지 유전 형질 중 환경의 영향을 가장 많이 받는 형질은 다인자 유전 형질인 키이다.

㉫. 키는 여러 쌍의 대립유전자가 하나의 유전 형질의 발현에 관여하는 다인자 유전 형질이므로 대립 형질이 뚜렷하게 구별되지 않는다.

#### 07 상염색체 유전

표에서 자녀 2(남자)의  $H^*$ 의 DNA 상대량이 2이므로  $H$ 와  $H^*$ 는 상염색체에 있음을 알 수 있다. 가족 구성원의  $H$ 와  $H^*$ 의 DNA 상대량은 다음과 같다.

구성원		아버지	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3
DNA 상대량	H	1	1	0	0	㉬(2)
	$H^*$	㉭(1)	1	㉮(2)	2	0

㉬. ㉠+㉡+㉢=5이다.

㉭. (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉮. 어머니의 (가)의 유전자형은  $HH^*$ 이므로 이형 접합성이다.

#### 08 단일 인자 유전(복대립 유전)

털 색이 각각 녹색과 적색인 부모 사이에서 청색인 자손이 태어났으므로 청색은 녹색과 적색에 대해 열성 형질이다. 청색은 유전자형이  $BB$ 이며 부모 중 녹색인 수컷은 유전자형이  $GB$ (㉯), 적색인 암컷은 유전자형이  $RB$ (㉺)이다. 또한, 적색과 녹색 자손의 비율이 2 : 1이므로  $RG$ 가 적색 형질을 나타냄을 알 수 있고, 대립유전자  $R$ 가  $G$ 에 대해 완전 우성이다.

㉯.  $R$ 는  $G$ 와  $B$  모두에 대해 완전 우성이다.

㉺. ㉠의 털 색 유전자형은  $RB$ 이므로 이형 접합성이다.

㉻. ㉠( $GB$ )과 ㉡( $RB$ ) 사이에서 태어나는 자손( $F_1$ )의 유전자형 및 표현형은  $GB$ (녹색),  $RG$ (적색),  $RB$ (적색),  $BB$ (청색)이다. ㉡의 유전자형은  $GB$ 이므로 ㉠과 ㉡의 털 색 유전자형은 같다.

#### 09 단일 인자 유전과 다인자 유전

㉼. 유전 형질 (가)의 경우  $A$ 가 우성,  $a$ 가 열성이면 유전자형이  $AA$ 와  $Aa$ 는 표현형이 같게 된다. 그러나 (가)의 표현형이 3가지

이므로 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하지 않다.

㉠. (나)의 유전자형이 BBdd인 개체와 BbDd인 개체는 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 모두 2이므로 두 개체의 (나)의 표현형은 서로 같다.

㉡. (다)의 유전자형이 EeGgHh인 개체와 EeGGHH인 개체 사이에서 자손(F<sub>1</sub>)이 태어날 때, 3쌍의 대립유전자 E와 e, G와 g, H와 h는 서로 다른 상염색체에 있다고 하였으므로 유전자형이 EeGgHh인 개체에서 형성되는 생식세포가 가질 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 0, 1, 2, 3이며, EeGGHH인 개체에서 형성되는 생식세포가 가질 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 2, 3이다. 따라서 (다)의 유전자형이 EeGgHh인 개체와 EeGGHH인 개체 사이에서 자손(F<sub>1</sub>)이 태어날 때, 이 자손의 (다)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 2, 3, 4, 5, 6 중 하나이므로 이 자손에게서 나타날 수 있는 (다)의 표현형은 최대 5가지이다.

### 10 성의 결정

적록 색맹은 X 염색체 열성 유전을 하는 형질이다. 적록 색맹이 아닌 어머니에게서 적록 색맹인 남자 아이가 태어났으므로 어머니의 적록 색맹의 유전자형은 이형 접합성이다.

㉠. 적록 색맹의 유전자형이 이형 접합성인 어머니로부터 적록 색맹인 아들이 태어났으므로 아들은 X 염색체에 존재하는 적록 색맹 대립유전자를 어머니로부터 물려받았다. 따라서 남자 ㉠에는 적록 색맹 대립유전자가 있다.

㉡. 여자는 성염색체로 X 염색체만 가지므로 남자에는 성염색체 중 X 염색체만 존재하고, 남자는 성염색체로 X 염색체와 Y 염색체를 가지므로 정자에는 X 염색체와 Y 염색체 중 하나만 있다. 남자 ㉠과 정자 ㉡이 수정하여 남자가 태어났으므로 정자 ㉡에는 Y 염색체가 있다.

㉢. 남자 ㉡에는 성염색체 중 X 염색체가 있고 정자 ㉡에는 X 염색체와 Y 염색체 중 하나가 있으므로 (나)가 남자일 확률은 50%이다.

### 11 상염색체 유전

체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량은 아버지가 1이고, 철수가 2이므로 A\*는 (가) 발현 대립유전자, A는 정상 대립유전자이고, 상염색체에 있다. 또한, A\*의 DNA 상대량이 1인 아버지에게서 (가)가 발현되었으므로 A\*는 A에 대해 완전 우성이다.

㉠. A는 A\*에 대해 열성이다.

㉡. (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉢. (가)는 상염색체 우성 유전 형질이므로 열성 형질을 나타내는 형의 (가)의 유전자형은 AA이다. 따라서 아버지와 철수의 (가)의 유전자형이 각각 AA\*, A\*A\*이므로 어머니의 (가)의 유전자형

은 AA\*로 아버지와 어머니의 (가)의 유전자형은 같다.

### 12 성염색체 유전

2의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량이 4의 2배이므로 2의 (가)의 유전자형은 AA, 4는 AA\*이다. 2와 4 모두 (가)가 발현되었으므로 A가 (가) 발현 대립유전자, A\*가 정상 대립유전자이고, (가)는 우성 형질이다. A와 A\*가 상염색체에 있다면 (가)가 발현되지 않은 1의 (가)의 유전자형이 A\*A\*이므로 3과 4는 모두 AA\*이다. 이는 3과 4 중 한 사람은 A\*를 갖지 않는다는 조건에 부합하지 않는다. 따라서 (가)의 유전은 X 염색체 우성 유전이며, 3의 (가)의 유전자형은 X<sup>A</sup>Y이다.

㉠. A는 A\*에 대해 완전 우성이다.

㉡. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉢. 3의 (가)의 유전자형은 X<sup>A</sup>Y이고, 4는 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>\*이므로 3과 (가)의 유전자형이 4와 같은 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 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>\*Y이므로 (가)가 발현될 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

### 13 단일 인자 유전(복대립 유전)

(가)의 유전은 A, B, C의 3가지 유전자 중 1쌍에 의해 결정된다고 하였으므로 단일 인자 유전이다.

㉠. (가)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 3가지의 대립유전자가 관여하는 복대립 유전이다.

㉡. (가)의 유전자형은 AA, AB, AC, BB, BC, CC 6가지이며, 이 중 CC는 다른 어떤 유전자형의 표현형과도 같지 않으므로 대립유전자 사이의 우열 관계는 A는 B와 C에 대해 각각 완전 우성이고, B는 C에 대해 완전 우성이다. (가)의 유전자형이 이형 접합성인 사람에게는 우성 형질만 표현된다고 하였으므로 (가)의 표현형은 최대 3가지이다.

유전자형	AA	AB	AC	BB	BC	CC
표현형	A <sub>-</sub>	A <sub>-</sub>	A <sub>-</sub>	B <sub>-</sub>	B <sub>-</sub>	CC

㉢. 유전자형이 각각 AB와 AC인 부모 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 유전자형은 AA, AB, AC, BC가 가능하다. 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 A<sub>-</sub>, B<sub>-</sub>의 2가지이다.

### 14 상염색체 유전과 성염색체 유전

1(아버지)과 3(딸)이 모두 A\*의 DNA 상대량이 2이므로 ㉠의 유전자는 상염색체에 있다. ㉠이 발현되지 않은 4의 A\*의 DNA 상대량이 1이므로 ㉠의 유전자형이 AA\*이다. 따라서 A는 정상 대립유전자, A\*는 ㉠ 발현 대립유전자이고, ㉠은 열성 형질이

다. B\*의 DNA 상대량이 0인 1(아버지)은 ㉠이 발현되지 않으므로 B\*가 ㉠ 발현 대립유전자, B가 정상 대립유전자이다. 3(딸)은 B\*의 DNA 상대량이 1인데 ㉠이 발현되지 않았으므로 ㉠은 열성 형질이다. 3과 4 모두 B\*의 DNA 상대량이 1인데 ㉠의 발현 여부가 다르므로 ㉠을 결정하는 유전자 B와 B\*는 X 염색체에 있다.

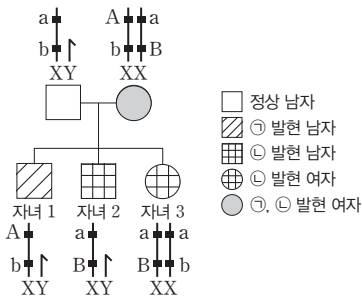
✗. A\*는 상염색체에 있다.

○. ㉠과 ㉡은 모두 열성 형질이다.

✗. 1과 3의 ㉠의 유전자형은 A\*A\*이고, 4는 AA\*이므로 2(어머니)의 ㉠의 유전자형은 AA\*이다. 따라서 2에게서 ㉠이 발현되지 않는다.

### 15 상염색체 유전

X 염색체에 유전자가 있으므로 ㉠이 열성 형질이라면, 어머니에게서 ㉠이 발현되었으므로 남자인 자녀 1과 2에서 모두 ㉠이 발현되어야 한다. 그러나 자녀 1에게서만 발현되었으므로 ㉠은 우성 형질이다. 따라서 A는 ㉠ 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. ㉡이 열성 형질이라면, 자녀 3에서 ㉡이 발현되었으므로 아버지에게서 ㉡이 발현되어야 한다. 그러나 아버지에게서 ㉡이 발현되지 않았으므로 ㉡은 우성 형질이고, B는 ㉡ 발현 대립유전자, b는 정상 대립유전자이다. 구성원의 유전자형은 다음과 같다.



○. ㉠과 ㉡은 모두 정상에 대해 우성 형질이다.

✗. 가족 구성원 중 A와 b가 함께 있는 X 염색체를 가진 사람은 2명이다.

○. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 동생의 ㉠과 ㉡의 유전자형은 다음과 같다.

구분	X <sup>Ab</sup>	X <sup>aB</sup>
X <sup>ab</sup>	X <sup>Ab</sup> X <sup>ab</sup>	X <sup>aB</sup> X <sup>ab</sup>
Y	X <sup>Ab</sup> Y	X <sup>aB</sup> Y

따라서 ㉠과 ㉡이 모두 발현되지 않을 확률은 0이다.

### 16 ABO식 혈액형 유전과 상염색체 유전

(가)가 발현된 1(아버지)과 2(어머니)로부터 (가)가 발현되지 않은

3(딸)이 태어났으므로, (가)는 우성 형질이다. (가)를 결정하는 대립유전자 T와 t는 ABO식 혈액형의 유전자와 같은 염색체에 있다고 하였으므로 (가)의 유전은 상염색체 우성 유전이다. ABO식 혈액형은 1이 A형, 2가 B형, 3이 O형이므로 ABO식 혈액형의 유전자형은 1이 I<sup>A</sup>i, 2가 I<sup>B</sup>i이다.

○. (가)는 우성 형질이다.

○. 우성 형질인 (가)가 발현된 1(아버지)과 2(어머니)로부터 (가)가 발현되지 않은 3(딸)이 태어났으므로 2의 (가)의 유전자형은 이형 접합성인 Tt이다.

✗. 4는 I<sup>A</sup>와 T, I<sup>B</sup>와 T가 함께 있는 염색체를 가지고 5는 O형이면서 (가)가 발현되지 않았으므로 i와 t가 함께 있는 염색체를 갖고 있다. 4와 5 사이에서 태어날 수 있는 아이의 유전자형은 다음과 같다.

구분	I <sup>A</sup> T	I <sup>B</sup> T
it	I <sup>A</sup> iTt	I <sup>B</sup> iTt

따라서 이 아이가 B형이면서 (가)가 발현되지 않을 확률은 0이다.

### 17 상염색체 유전과 성염색체 유전

어머니와 자녀 1의 A\*의 DNA 상대량은 모두 1로 같지만 ㉠의 표현형이 다르므로 A와 A\*는 성염색체에 있다. ㉠이 발현되지 않은 어머니의 ㉠의 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>A\*</sup>이고, ㉠이 발현된 자녀 1의 유전자형은 X<sup>A\*</sup>Y이므로 A는 정상 대립유전자, A\*는 ㉠ 발현 대립유전자이고, ㉠은 열성 형질이다. 아버지에서 B의 DNA 상대량이 2이므로 B와 B\*는 상염색체에 있다. ㉡이 발현된 어머니의 ㉡의 유전자형은 BB\*이고, ㉡이 발현되지 않은 자녀 2의 유전자형은 BB이므로 B는 정상 대립유전자, B\*는 ㉡ 발현 대립유전자이고, ㉡은 우성 형질이다.

○. ㉠은 우성 형질이다.

✗. 자녀 1의 ㉡의 유전자형은 BB\*이므로 ㉡이 발현되고, 자녀 2의 ㉠의 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>A\*</sup>이므로 ㉠이 발현되지 않는다. 따라서 ㉠은 '○'이고, ㉡은 '×'이다.

✗. 아버지와 어머니의 ㉠의 유전자형이 각각 X<sup>A</sup>Y, X<sup>A</sup>X<sup>A\*</sup>이므로 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 아버지와 어머니의 ㉡의 유전자형이 BB, BB\*이므로 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉡이 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 ㉠과 ㉡이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

### 18 ABO식 혈액형 유전과 성염색체 유전

(가)가 발현된 1과 2로부터 (가)가 발현되지 않은 5가 태어났으므로 (가)는 우성 형질이다. (가)를 결정하는 대립유전자 T와 t가

상염색체에 있다면, 3, 5, 7의 (가)의 유전자형은 tt이고, 4와 8은 Tt이어야 한다. 6, 7, 8은 각각 T와 t 중 한 종류만 갖는다고 하였으므로 T와 t는 성염색체(X 염색체)에 있다. 7과 8이 각각 AB형과 O형이므로 4는 A형이다.

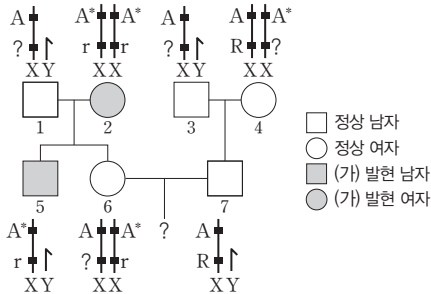
㉠. A형인 4로부터 O형인 8이 태어났으므로 4의 ABO식 혈액형의 유전자형은  $I^A i$ 이다. AB형인 1과 B형인 2로부터 A형인 6이 태어났으므로 6의 ABO식 혈액형의 유전자형은  $I^A i$ 이다. 따라서 4와 6의 ABO식 혈액형의 유전자형은 같다.

✕. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉡. ABO식 혈액형의 유전자형이  $I^A i$ 인 6과  $I^A I^B$ 인 7 사이에서 A형이 태어날 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. (가)의 유전자형이 6은  $X^T X^T$ 이고 7은  $X^t Y$ 이므로 (가)가 발현될 확률은 1이다. 따라서 이 아이가 A형이면서 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

### 19 성염색체 유전

4와 5는 모두  $A^*$ 의 DNA 상대량이 1이지만 표현형이 다르므로 A와  $A^*$ 는 성염색체에 있다. (가)가 발현된 5는  $A^*$ 의 DNA 상대량이 1이므로  $A^*$ 는 (가) 발현 대립유전자, A는 정상 대립유전자이다. (가)의 유전은 성염색체 열성 유전이다. 적록 색맹의 유전은 성염색체 열성 유전이고, 정상 대립유전자를 R, 적록 색맹 대립유전자를 r라고 하면, 구성원의 유전자형은 다음과 같다.



㉠. (가)는 열성 형질이다.

✕. 2는 열성 형질인 (가)가 발현되었으므로 (가)의 유전자형이  $X^{A^*} X^{A^*}$ 이다. 7은 (가)가 발현되지 않은 남자이므로 (가)의 유전자형이  $X^A Y$ 이다. 따라서 ㉠은 2, ㉡은 0이다.

㉢. 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 가능한 유전자형은  $X^A X^{A^*}$ ,  $X^A Y$ ,  $X^{A^*} X^{A^*}$ ,  $X^{A^*} Y$ 이다. 따라서 (가)와 적록 색맹이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

### 20 상염색체 유전과 성염색체 유전

1의 A의 DNA 상대량이 2이므로 ㉠은 상염색체 유전을 따른다. ㉠이 발현된 1의 ㉠의 유전자형이 AA이므로 A는 ㉠ 발현 대립

유전자,  $A^*$ 는 정상 대립유전자이다. 3과 4의 ㉠의 유전자형이 모두 AA\*인데 ㉠이 발현되었으므로 ㉠은 우성 형질이다. 3과 4는 모두  $B^*$ 를 갖고 있는데 ㉡의 표현형이 다르므로 ㉡은 성염색체 유전을 따른다. ㉡이 발현된 2의 ㉡의 유전자형이  $X^{B^*} X^{B^*}$ 이므로 B는 정상 대립유전자,  $B^*$ 는 ㉡ 발현 대립유전자이다. ㉡이 발현되지 않은 4의 ㉡의 유전자형이  $X^B X^{B^*}$ 이므로 ㉡은 열성 형질이다.

㉠. ㉠은 우성 형질이다.

㉡. ㉡의 유전자는 X 염색체에 있다.

✕. ㉠의 유전자형이 1은 AA, 2는  $A^* A^*$ 이므로 4의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은 1이다. ㉡에 대한 유전자형이 1은  $X^B Y$ , 2는  $X^{B^*} X^{B^*}$ 이므로 4의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉡이 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 ㉠과 ㉡이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

### 3점 수능 테스트

본문 148~155쪽

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

### 01 단일 인자 유전(복대립 유전)

(가)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 3가지 대립유전자 D, E, F가 관여하므로 단일 인자 유전 중 복대립 유전을 따른다. (가)의 표현형이 4가지이고, 유전자형이 DD인 사람과 DF인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 EE인 사람과 EF인 사람의 표현형은 같다고 하였으므로 D와 E는 각각 F에 대해 완전 우성이며 D와 E의 우열 관계는 분명하지 않다. 아버지는 응집원 ㉠과 응집소 ㉡을 동시에 가지므로 응집원 ㉠을 응집원 A라고 하면, 응집소 ㉡은 응집소 β이다. 이런 경우 아버지는 A형이고 어머니는 B형이다. 또한 자녀 2는 응집원 A(응집원 ㉠)를 가지므로 AB형이고, 자녀 1은 O형이다. 응집원 ㉠을 응집원 B라고 하면, 아버지는 B형, 어머니는 A형, 자녀 1은 O형, 자녀 2는 AB형이다.

㉠. 자녀 1은 O형이므로 응집소 α와 β를 모두 갖는다. 따라서 ㉠은 'O'이다.

㉡. D와 E의 우열 관계는 분명하지 않고, D는 F에 대해 완전 우성이므로 유전자형이 DE인 사람과 DF인 사람의 (가)의 표현형은 서로 다르다.

✕. 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이가 ABO식 혈액형이 어머니와 같을 확률은 어머니를 A형, 아버지를 B형이라고 가정했을 때  $\frac{1}{4}$ 이고, 그 반대의 경우에도 확률은 같다. (가)의 유전자형이 아버지와 어머니 모두 DE이므로 아이에게서 나타날 수 있는 유전자형은 DD, DE, EE이다. 따라서 (가)의 표현형이 어머니와 같을 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 그러므로 ABO식 혈액형과 (가)의 표현형이 모두 어머니와 같을 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

## 02 다인자 유전

㉠은 3쌍의 대립유전자에 의해 결정되고, 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 0부터 6까지 있으므로 표현형이 최대 7가지이다. ㉡은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되고, 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 0부터 2까지 있으므로 표현형이 최대 3가지이다.

✕. 다인자 유전은 여러 쌍의 대립유전자가 하나의 유전 형질의 발현에 관여한다. 1쌍의 대립유전자가 관여하는 ㉠의 유전은 단일 인자 유전이다.

㉢. ㉠+㉡=7+3=10이다.

㉣. ㉠의 유전자형이 AaBbDd인 부모 사이에서 태어난 아이에서 가능한 유전자형 조합의 수는 64이고, 부모와 같이 대문자로 표시되는 대립유전자를 3개 가지는 경우의 수는 20이다. ㉡의 유전자형이 Ee인 부모 사이에서 태어난 아이에서 가능한 유전자형은 3가지이고, 부모와 같이 대문자로 표시되는 대립유전자를 1개 가질 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 이 아이의 ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 부모와 같을 확률은  $\frac{20}{64} \times \frac{1}{2} = \frac{5}{32}$ 이다.

## 03 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠이 발현된 1(아버지)로부터 ㉠이 발현되지 않은 6(딸)이 태어났으므로 ㉠의 유전은 X 염색체 우성 유전이 아니다. 만약 ㉠이 상염색체 우성 유전을 따른다면, 유전자형이 각각 1(AA\*), 2(A\*A\*), 3(A\*A\*), 4(AA\*), 5(AA\*), 6(A\*A\*), 7(AA\*), 8(A\*A\*), 9(AA\*)이고,

$\frac{1\sim 9 \text{ 각각의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값}}{1\sim 9 \text{ 각각의 체세포 1개당 A*의 DNA 상대량을 더한 값}} = \frac{5}{13}$ 이므로 ㉠의 유전은 상염색체 우성 유전이 아니다. 만약 ㉠이 상염색체 열성 유전을 따른다면, 유전자형이 각각 1(A\*A\*), 2(AA\*), 3(AA\*), 4(A\*A\*), 5(A\*A\*), 6(AA\*), 7(A\*A\*), 8(AA\*), 9(A\*A\*)이고,

$\frac{1\sim 9 \text{ 각각의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값}}{1\sim 9 \text{ 각각의 체세포 1개당 A*의 DNA 상대량을 더한 값}} = \frac{2}{7}$ 이

므로 ㉠의 유전은 상염색체 열성 유전이 아니다. 따라서 ㉠의 유전은 X 염색체 열성 유전이다. ㉠과 ㉡의 유전자는 서로 다른 염색체에 있다고 하였으므로 ㉡의 유전은 상염색체 유전이다. 1에서 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 0이라고 하였으므로, 1의 ㉡의 유전자형은 B\*B\*이며, 1은 ㉡이 발현되지 않았으므로 B는 ㉡ 발현 대립유전자, B\*는 정상 대립유전자이다. ㉡이 발현되지 않은 1과 ㉡이 발현된 2 사이에서 ㉡이 발현되지 않은 6이 태어났으므로 2의 ㉡의 유전자형은 BB\*이고, ㉡의 유전은 상염색체 우성 유전이다.

㉢. ㉠의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉣. ㉡은 우성 형질이다.

㉤.  $7(X^AY, B*B^*)$ 과  $8(X^AX^A, B*B^*)$  사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, ㉡이 발현되지 않을 확률은 1이므로 이 아이에게서 ㉠과 ㉡ 중 ㉠만 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

## 04 단일 인자 유전

유전자형이 AaBBdd인 아버지와 AaBbDd인 어머니 사이에서 ㉠a가 태어날 때, ㉠a에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 다음과 같다.

구분	(가)	(나)	(다)
㉠a의 유전자형	AA, Aa, aa	BB, Bb	Dd, dd
(가)의 우열 관계가 분명하지 않을 때	3가지	1가지	2가지
(나)의 우열 관계가 분명하지 않을 때	2가지	2가지	2가지
(다)의 우열 관계가 분명하지 않을 때	2가지	1가지	2가지

3가지 유전자형에 따른 표현형이 모두 다른 형질이 (가)라면 ㉠a에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 6가지이다. (나)라면 최대 8가지이고, (다)라면 최대 4가지이다.

✕. ㉠a에서 나타날 수 있는 표현형은 최대 4가지라고 하였으므로, 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하지 않은 형질은 (다)이다.

㉢. ㉠a에게서 나타날 수 있는 (가)의 유전자형은 AA, Aa, aa, (나)의 유전자형은 BB, Bb, (다)의 유전자형은 Dd, dd이다. 따라서 ㉠(AaBBdd)과 유전자형이 같을 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

✕. ㉠a에서 (가)~(다) 중 적어도 2가지 형질의 표현형이 ㉠a와 같을 확률은 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률  $\frac{3}{4} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ 과 (가)와 (나)는 같고 (다)는 다를 확률  $\frac{3}{4} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ 과 (가)와

(다)는 같고 (나)는 다를 확률  $\frac{3}{4} \times 0 \times \frac{1}{2} = 0$ 과 (나)와 (다)는 같고 (가)는 다를 확률  $\frac{1}{4} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 을 모두 합한 값인  $\frac{7}{8}$ 이다.

### 05 다인자 유전

대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 다르면 ㉠의 표현형이 다르다고 하였으므로 어느 유전자가 함께 있는지는 고려하지 않아도 된다. A/a와 B/b가 같은 염색체에 있고, D/d는 다른 염색체에 있다고 가정하자. 어떤 사람에서 A와 B 그리고 a와 b가 같은 염색체에 있으면, 이 사람에서 만들어지는 생식세포에 존재할 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 0~3이다. 어떤 사람에서 A와 b 그리고 a와 B가 같은 염색체에 있으면, 이 사람에서 만들어지는 생식세포에 존재할 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 1~2이다. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형이 최대 7가지이므로 1, 2, 5는 A와 B 그리고 a와 b가 같은 염색체에 있다. 따라서 1~4의 ㉠의 유전자형은 모두 AaBbDd이다. 6의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형이 최대 3가지이고 3, 4, 6은 A와 b 그리고 a와 B가 같은 염색체에 있다.

㉠. ㉠의 유전은 다인자 유전이다.

㉡. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이의 ㉠의 표현형이 5(대문자로 표시되는 대립유전자의 수 3)와 다를 확률은 다음과 같다.

구분	ABD(3)	ABd(2)	abD(1)	abd(0)
ABD(3)	6	5	4	3
ABd(2)	5	4	3	2
abD(1)	4	3	2	1
abd(0)	3	2	1	0

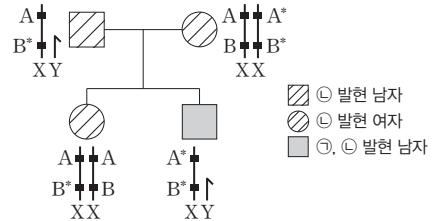
따라서 이 아이의 ㉠의 표현형이 5와 다를 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

㉢. 5에서 생성되는 생식세포에 존재할 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 0~3이고, 6에서 만들어지는 생식세포에 존재할 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 1~2이다. 그러므로 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 ㉠의 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 1~5로 ㉠의 표현형은 최대 5가지이다.

### 06 성염색체 유전

㉠이 발현되지 않은 아버지와 어머니 사이에서 ㉠이 발현된 자녀 2가 태어났으므로 ㉠은 열성 형질이다. 자녀 2가 A\*와 B\*가 함께 있는 X 염색체를 가지므로 A\*는 ㉠ 발현 대립유전자이고, A는 정상 대립유전자이다. 또한, B\*가 있고 ㉡이 발현되므로 B\*는 ㉡ 발현 대립유전자, B는 정상 대립유전자이다. 자녀 2는 남자

이므로 X 염색체를 어머니로부터 물려받았으며, 자녀 1은 여자이므로 2개의 X 염색체 중 1개를 아버지로부터 물려받았다. 전체 구성원의 체세포 1개당 B\*의 DNA 상대량을 더한 값이 체세포 1개당 B의 DNA 상대량을 더한 값의 2배인 조건을 만족하기 위해서는 어머니와 자녀 1이 B를 가져야 한다. 가족 구성원의 ㉠과 ㉡의 발현 여부를 근거로 하여 각 구성원의 ㉠과 ㉡의 유전자형을 알 수 있다. 가족 구성원의 유전자형은 다음과 같다.



㉠. ㉡이 발현된 어머니와 자녀 1의 ㉡의 유전자형이 이형 접합성이므로 ㉡은 우성 형질이다.

✕. 자녀 1의 ㉠의 유전자형은 AA로 동형 접합성이다.

✕. 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 ㉡이 모두 발현되지 않을 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

### 07 상염색체 유전과 성염색체 유전

2는 ㉠에 대해 정상이고 유전자형이 AA이므로 A는 정상 대립유전자, A\*는 ㉠ 발현 대립유전자이다. 5는 ㉠이 발현되었으므로 A\*가 있고 2로부터 A를 물려받았다. 따라서 ㉠의 유전자형이 AA\*이며, A와 A\*는 상염색체에 있다. 1의 ㉠의 유전자형이 AA\*인데 ㉠이 발현되었으므로 ㉠은 우성 형질이다. 3과 4는 모두 B\*의 DNA 상대량이 1인데 ㉡의 표현형이 다르므로 B와 B\*는 성염색체에 있다. ㉡이 발현되지 않은 4의 ㉡의 유전자형이 BB\*이므로 ㉡은 열성 형질이며, B는 정상 대립유전자, B\*는 ㉡ 발현 대립유전자이다.

㉠. ㉠은 우성 형질이다.

✕. 5는 ㉡이 발현되었으므로 ㉡의 유전자형이 X<sup>B\*</sup>Y이고 ㉢는 1이다. 6은 ㉠이 발현되지 않았으므로 ㉠에 대한 유전자형이 AA이고 ㉢는 0이다. 7은 ㉠이 발현되었고 3과 4가 동형 접합성이므로 ㉠의 유전자형이 AA\*이고 ㉢는 1이다. 따라서 ㉠+㉢+㉣=2이다.

㉡. ㉠의 유전자형은 6이 AA이고, 7이 AA\*이다. 6과 7 사이에서 태어난 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. ㉡의 유전자형은 6이 X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>이고, 7이 X<sup>B</sup>Y이므로 ㉡이 발현되지 않을 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다. 따라서 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 ㉡ 중 ㉠만 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.



## 08 ABO식 혈액형 유전과 성염색체 유전

전체 구성원의 체세포 1개당  $H^*$ 의 DNA 상대량을 더한 값이 체세포 1개당  $H$ 의 DNA 상대량을 더한 값의 2배라고 하였으므로  $H^*$ 의 DNA 상대량을 더한 값을  $2x$ ,  $H$ 의 DNA 상대량을 더한 값을  $x$ 라 하면, 전체 구성원의 체세포 1개당  $H$ 와  $H^*$ 의 DNA 상대량의 합은  $3x$ 이다.

㉠이 상염색체 유전을 따르며 전체 구성원의 체세포 1개당  $H$ 와  $H^*$ 의 DNA 상대량 합은 8이므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉠의 유전자는 성염색체(X 염색체)에 있다. 전체 구성원 각각의 ㉠ 발현 대립유전자  $H^*$ 의 DNA 상대량을 더한 값이 4이고, 전체 구성원 각각의 정상 대립유전자  $H$ 의 DNA 상대량을 더한 값은 2이며, ㉠은 열성 형질이다. ㉠의 유전자형은 아버지가  $X^{H^*}Y$ , 어머니가  $X^{H^*}X^{H^*}$ , 아들이  $X^{H^*}Y$ , 딸이  $X^{H^*}X^{H^*}$ 이다. 구성원 전체의 체세포 1개당  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $i$ 의 DNA 상대량을 각각 더한 값의 비율이 1 : 1 : 2이며, 딸(A형)과 혈액형이 같은 구성원이 없는 경우는 다음과 같다.

구분	아버지	어머니	아들	딸
ABO식 혈액형의 유전자형	$I^A I^B$	$ii$	$I^B i$	$I^A i$
유전자형	$ii$	$I^A I^B$	$I^B i$	$I^A i$

㉠. ㉠은 열성 형질이다.

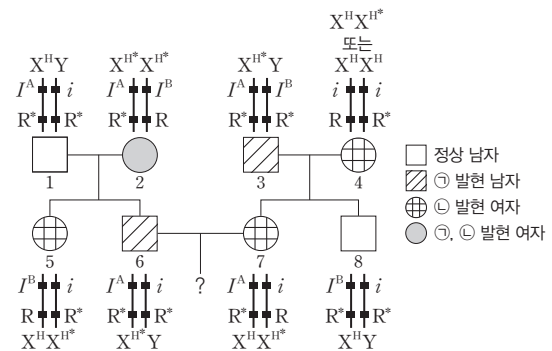
㉡. 아버지와 어머니는 각각 AB형과 O형 중 하나이고, 아들은 B형이므로 ㉡~㉣ 중 '응집됨'은 3개이다.

㉢. 셋째 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, ㉠이 발현된 아들일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 A형이면서 ㉠이 발현된 아들일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

## 09 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠의 적혈구가 항 B 혈청에 응집 반응을 나타낸다고 하였으므로 ㉠의 ABO식 혈액형은 B형 또는 AB형이다. ㉡가 AB형이면 혈장에 ABO식 혈액형의 응집소가 없어서 응집 반응이 일어날 수 없으나, 응집 반응이 일어났으므로 ㉠의 혈액형은 B형이다. 따라서 ㉠의 혈장에 존재하는 응집소  $\alpha$ 와 응집 반응이 일어난 ㉠과 ㉡의 적혈구에는 응집원 A가 존재한다. ㉠과 ㉡는 각각 A형과 AB형 중 하나인데, AB형이면 혈장에 ABO식 혈액형의 응집소가 없으므로 응집 반응이 일어날 수 없으므로 ㉡는 A형이고, ㉠은 AB형이다. ㉠이 상염색체 유전 형질이라면, ㉠에 대한 구성원 1, 2, 5의 유전자형이 각각  $HH^*$ ,  $H^*H^*$ ,  $HH$  중 하나이므로 1과 2가 각각  $HH$ ,  $H^*H^*$  중 하나이고 5는  $HH^*$ 인 경우가 가능하다. 5의 ㉠의 유전자형이 이형 접합성인데 ㉠이 발현되지 않았

으므로 ㉠은 열성 형질이다. 따라서  $H$ 는 정상 대립유전자,  $H^*$ 는 ㉠ 발현 대립유전자이다. 2는 ㉠이 발현되었으므로 2의 유전자형은  $H^*H^*$ 이다. ㉢는 5, ㉣는 2, ㉤는 1이다. ㉠이 상염색체 유전이라면, 5와 6의 표현형이 동일해야 하는데, 서로 다르므로 ㉠은 성염색체(X 염색체) 유전을 따른다. 따라서 ㉠의 유전자가 ABO식 혈액형의 유전자와 함께 있다. 2(㉢)의 ㉠의 유전자형이  $RR^*$ 인데 ㉣가 발현되었으므로 ㉣는 우성 형질이다.  $R$ 는 ㉣ 발현 대립유전자,  $R^*$ 는 정상 대립유전자이다. 구성원의 유전자형은 다음과 같다.



㉠. 1의 ABO식 혈액형의 유전자형이  $I^A i$ 이므로, 1과 유전자형이 같은 사람은 6과 7로 2명이다.

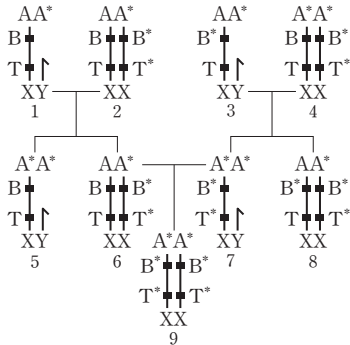
㉡. 구성원 중  $H$ 와  $R^*$ 를 모두 가진 사람은 1, 4, 5, 7, 8로 모두 5명이다.

㉢. 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 ㉠이 발현된 여자일 확률이  $\frac{1}{4}$ 이고, O형이면서 ㉣가 발현될 확률이  $\frac{1}{4}$ 이므로 O형이면서 ㉠과 ㉣가 모두 발현된 여자일 확률은  $\frac{1}{16}$ 이다.

## 10 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠이 발현된 1과 2 사이에서 ㉠이 발현되지 않은 5가 태어났으므로 ㉠은 우성 형질이다.  $A$ 는 ㉠ 발현 대립유전자,  $A^*$ 는 정상 대립유전자이다. 적록 색맹은 성염색체(X 염색체) 열성 유전을 따르므로 적록 색맹 대립유전자를  $T^*$ , 정상 대립유전자를  $T$ 라고 가정하자. ㉠의 유전자가 적록 색맹 유전자와 같은 염색체에 있으면, 9가 적록 색맹인 여자이므로 6과 7로부터 각각  $T^*$ 를 물려받아야 한다. 2는 5에게  $A^*$ 와  $T$ 가 함께 있는 염색체를 물려주었고, 6에게  $A$ 와  $T^*$ 가 함께 있는 염색체를 물려주어야 주어진 가계도에 나타난 발현 여부에 부합한다. 그러나 6은 1로부터  $A$ 와  $T$ 가 함께 있는 염색체를 받으므로 6은 9에게  $A$ 와  $T^*$ 를 물려주어야 9가 적록 색맹이 되는데 이 경우 9는 ㉠이 발현되어야 하므로 가계도에 표현된 발현 여부와 부합하지 않는다. 따라서 ㉠의

유전자와 적록 색맹 유전자가 같은 염색체에 있다. 7은 ㉠ 발현 대립유전자를 4로부터 물려받았는데, 4에게서 ㉠이 발현되지 않았으므로 ㉠은 열성 형질이다. B는 정상 대립유전자, B\*는 ㉠ 발현 대립유전자이다. 구성원의 유전자형은 다음과 같다.

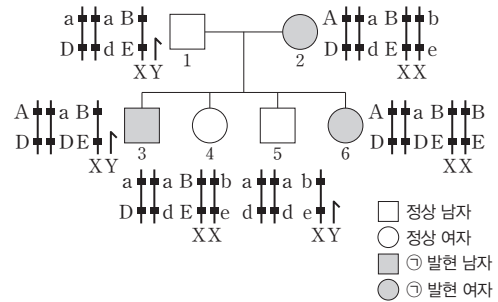


- ㉠. 8은 4로부터 A\*가 있는 상염색체와 B\*와 T\*가 함께 있는 X 염색체를 받으므로 3으로부터 A가 있는 상염색체와 B\*와 T가 함께 있는 X 염색체를 받아야 한다. 따라서 3에게서 ㉠과 ㉡이 모두 발현된다.
- ㉡. 1~9 중 A와 B가 모두 있는 사람은 1, 2, 6으로 3명이다.
- ㉢. 9와 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ .
- ㉣과 적록 색맹이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로, ㉠, ㉡, 적록 색맹이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

### 11 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠과 ㉡의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 더한 값이 제시되어 있고, 이를 통해 5는 ㉠의 유전자형이 aa, ㉡의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자가 없음을 알 수 있다. 5가 정상이므로 A는 ㉠ 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이고, ㉠은 우성 형질이다. 또한, 6은 ㉠과 ㉡의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 더한 값이 7이므로 ㉠의 유전자형이 AA이거나 Aa인데, AA라면 1(아버지)에서 ㉠이 발현되어야 하지만 1(아버지)은 정상이므로 6의 ㉠의 유전자형은 Aa이다. A와 a가 X 염색체에 있다면 1은 X<sup>A</sup>Y, 2는 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>, 3은 X<sup>A</sup>Y, 4는 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>, 5는 X<sup>a</sup>Y, 6은 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>이므로 구성원 1~6 각각에서 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값은 3, 체세포 1개당 a의 DNA 상대량을 더한 값은 6이 되어 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 A와 a는 상염색체에 있다. ㉠을 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자 중 1개는 ㉠의 유전자와 같은 염색체에 있고, 다른 2개의 유전자는 성염색체에 있으므로 ㉡을 결정하는 데 관여하는 유전자 중 1개는 상염색체에, 다른 2개

는 X 염색체에 함께 있다. 6에서 ㉡을 결정하는 데 관여하는 유전자 중 대문자로 표시되는 대립유전자 의 수를 더한 값이 6이므로 유전자형이 BBDDEE임을 알 수 있고, 이 중 X 염색체에 함께 있는 4개의 대문자로 표시되는 대립유전자는 2개씩 부모로부터 물려받았다. 나머지 가족 구성원의 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 더한 값과 구성원 1~6 각각에서 체세포 1개당 D와 d의 DNA 상대량을 더한 값은 모두 짝수라는 조건을 통해 D/d가 A/a와 함께 상염색체에 있음을 알 수 있다.



- ✕. 3은 아버지로부터 a와 D를 물려받았다.
- ㉢. 3, 4 각각의 체세포 1개당 B, d, E의 DNA 상대량을 더한 값은 1, 2 각각의 체세포 1개당 B, d, E의 DNA 상대량을 더한 값은  $\frac{5}{6}$ 이므로 1보다 작다.
- ㉣. 6의 여동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉡의 표현형은 최대 5가지이다.

구분	BDE(3)	BdE(2)
BDE(3)	6	5
bDe(1)	4	3
BdE(2)	5	4
bde(0)	3	2

### 12 ABO식 혈액형 유전과 상염색체 유전

1과 2는 ABO식 혈액형 유전자형이 각각 I<sup>A</sup>i와 I<sup>B</sup>i이다. ㉠이 발현된 1과 2 사이에서 ㉠이 발현되지 않은 3이 태어났으므로 ㉠은 우성 형질이다. ㉡이 발현되지 않은 1과 2 사이에서 ㉡이 발현된 4가 태어났으므로 ㉡은 열성 형질이다.

㉢. ㉠이 발현된 1과 2 사이에서 ㉠이 발현되지 않은 3이 태어났으므로 1과 2의 ㉠의 유전자형은 모두 이형 접합성이다.

✕. ㉡은 열성 형질이고, 1과 2의 ㉡의 유전자형이 모두 이형 접합성이므로 3의 ㉡의 유전자형이 이형 접합성일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다.

✕. 4의 동생이 태어날 때, 이 아이가 A형일 확률은  $\frac{1}{4}$ , ㉠이 발현될 확률은  $\frac{3}{4}$ , ㉡이 발현되지 않을 확률은  $\frac{3}{4}$ 이므로, A형이면

서 ㉠과 ㉡ 중 ㉠만 발현될 확률은  $\frac{9}{64}$ 이다.

### 13 상염색체 유전

㉠이 우성 형질이라면, ㉠이 발현된 아버지로부터 태어난 딸은 모두 ㉠이 발현되어야 한다. 그러나 자녀 2에서 ㉠이 발현되지 않았으므로 ㉠은 열성 형질이다. ㉡이 우성 형질이라면, 자녀 1에서 ㉡이 발현되었으므로 어머니에서도 ㉡이 발현되어야 한다. 그러나 어머니에서 ㉡이 발현되지 않았으므로 ㉡은 열성 형질이다. 자녀 1은 ㉡이 발현된 반면 자녀 3은 ㉡이 발현되지 않았으므로 자녀 1과 자녀 3이 받은 X 염색체에 있는 유전자는 서로 다르다. 자녀 1과 자녀 3에서 모두 ㉡이 발현되었으므로 ㉡이 우성 형질이라면 어머니는 ㉡에 대한 우성 대립유전자(T)만을 가져야 하고 자녀 2도 ㉡이 발현되어야 한다. 그러나 자녀 2에서 ㉡이 발현되지 않았으므로 ㉡은 열성 형질이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢에 대해 각각 H, R, T는 정상 대립유전자, H\*, R\*, T\*는 각각 ㉠ 발현 대립유전자, ㉡ 발현 대립유전자, ㉢ 발현 대립유전자이다.

㉠, ㉡과 ㉢은 모두 열성 형질이다.

✕. 아버지는 H\*, R, T를 갖고 있으므로 ㉡과 ㉢이 발현되지 않는다. 어머니는 HH\*, RR\*, T\*T\*를 갖고 있으므로 ㉠은 발현되지 않고 ㉢은 발현된다. 따라서 ㉠~㉢ 중 '발현 안 됨'은 3개이다.

✕. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠~㉢ 중 1가지 이상 발현될 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

### 14 상염색체 유전

유전자형이 모두 AaBbDdEe인 부모 사이에서 태어난 아이가 최대 9가지의 표현형을 나타내고 ㉠~㉢의 유전자 중 두 유전자는 같은 염색체에, 나머지 두 유전자는 다른 염색체에 있다고 하였다. 유전자형이 모두 AaBbDdEe인 3과 4 사이에서 태어난 9와 10의 유전자형에서 AABB와 aaBB가 있으므로 A, a와 B, b는 서로 다른 염색체에 있다. 또한, AAdd와 aadd가 있으므로 A, a와 D, d는 서로 다른 염색체에 있다. 그러므로 3과 4에서 모두 A와 e(a와 E), B와 d(b와 D)는 같은 염색체에 있다. 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉡을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하면 1가지이고, 우열 관계가 분명하지 않으면 2가지이다. ㉡의 표현형의 최대 가짓수가 ㉠의 표현형의 최대 가짓수보다 많으므로 ㉠을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하고, ㉡을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하지 않다. 유전자형이 모두 AaBbDdEe인 1과 2 사이에서 태어난 5와 6의 유전자형에 AAEE와 aaeE가 있으므로 1과 2는 A와 E(a와 e)가 함께 있

는 염색체를 갖는다. 또한, BBDD가 있으므로 B와 D(b와 d)가 같은 염색체에 함께 있다. ㉠을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하므로 ㉡을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계가 분명하면 1과 2 사이에서 태어난 아이에서 9가지 표현형이 나타날 수 없다. 따라서 ㉡을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하지 않다.

㉢. 3에서 A와 D는 서로 다른 염색체에 있다.

㉣. ㉡을 결정하는 E와 e 사이의 우열 관계는 분명하지 않다.

✕. 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉠~㉢의 표현형은 ㉠과 ㉢의 표현형이 2가지, ㉡과 ㉢의 표현형도 2가지가 나타나므로 최대 4가지이다.

## 10 사람의 유전병

### 2점 수능 테스트

본문 161~164쪽

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

### 01 염색체 돌연변이

A는 터너 증후군, B는 고양이 울음 증후군, C는 다운 증후군이 다.

- ㉠. 터너 증후군(A)은 성염색체의 구성이 X인 염색체 돌연변이에 의한 유전병으로 체세포의 염색체가 45개(상염색체 44개 + X 염색체 1개)이다.  
 ㉡. 고양이 울음 증후군(B)은 5번 염색체의 일부가 결실된 염색체 구조 이상 돌연변이에 의한 유전병이다.  
 ㉢. 체세포 1개당 염색체 수는 C인 사람(47) > B인 사람(46) > A인 사람(45) 순이다.

### 02 낫 모양 적혈구 빈혈증

낫 모양 적혈구 빈혈증(X)은 헤모글로빈을 암호화하는 유전자의 일부에서 돌연변이가 일어나 비정상 헤모글로빈이 생성되는 유전자 돌연변이(㉠)에 의한 유전병이다.

- ✕. 유전자 돌연변이(㉠)는 핵형 분석으로 확인할 수 없으며, 유전자 분석이나 선천적 대사 이상 검사와 같은 생화학적 분석을 통해 확인할 수 있다.  
 ✕. 낫 모양 적혈구 빈혈증(X)은 유전자 돌연변이(㉠)에 의한 유전병이다.  
 ㉢. 비정상 헤모글로빈을 가진 낫 모양의 적혈구는 정상 적혈구에 비해 산소 운반 능력이 낮다.

### 03 클라인펠터 증후군

3의 체세포에서 성염색체의 구성이 XXY이므로 3은 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다. 적록 색맹 대립유전자를 가진 X 염색체를 X'이라고 했을 때, 1은 XX', 2는 XY의 성염색체 구성을 가진다. 3은 1에서 생식세포가 형성될 때 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 난자(n+1, 22+X'X')와 정상 정자(n, 22+Y)가 수정되어 태어났다.

- ㉠. 3은 성염색체의 구성이 XXY이므로 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.  
 ✕. 3은 보인자인 1(XX')로부터 형성된 성염색체 구성이 X'X'

인 난자와 정상 정자의 수정으로 태어났다. 따라서 ㉠은 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 난자이다.

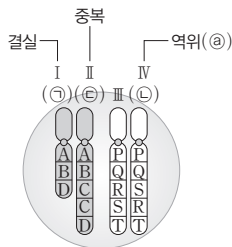
- ㉢. 체세포 1개당  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 2에서가  $\frac{44}{1}=44$ 이고 3에서가  $\frac{44}{2}=22$ 이므로 2에서가 3에서의 2배이다.

### 04 터너 증후군

- ㉠. 핵형 분석 결과에서 P는 Y 염색체를 갖지 않으므로 여자이다.  
 ㉡. 핵형 분석 결과에서 성염색체가 X 염색체 1개만 있으므로 P는 터너 증후군의 염색체 이상을 보인다.  
 ✕. 알비노증은 유전자 돌연변이에 의해 나타나는 유전병으로 핵형 분석을 통해 발현 여부를 알 수 없다.

### 05 염색체 구조 이상

I(㉠)은 결실, II(㉢)는 중복, IV(㉡)는 역위(㉠)가 일어난 염색체이다. X의 염색체에 나타난 염색체 구조 이상을 그림에 나타내면 다음과 같다.



- ㉠. ㉠은 역위이다.  
 ✕. ㉠과 ㉡은 상동 염색체가 아니다.  
 ㉢. ㉡(IV)과 III는 상동 염색체이고, IV에서 역위에 의한 유전자 결손은 없으므로 ㉡(IV)과 III의 유전자 수는 같다.

### 06 염색체 비분리

정상 세포에서 A와 B, a와 b는 각각 같은 염색체에 있으므로 B와 b를 모두 갖는 I은 감수 1분열에서 상동 염색체의 비분리가 일어나 형성된 생식세포이고, B를 2개 갖는 II는 감수 2분열에서 염색체 분체의 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다.

- ✕. b는 a와 같은 염색체에 있으므로 ㉠은 a이다.  
 ✕. I은 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다. B와 b를 모두 가지므로 I의 핵상은 n+1이다. (가)의 세포는 체세포이므로 핵상이 2n이다. 따라서 (가)의 세포와 I의 염색체 수는 다르다.  
 ㉢. II는 B가 있는 염색체가 2개이므로 감수 2분열에서 염색체 분체의 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다.

## 07 염색체 비분리

G<sub>1</sub>기 세포 ②로부터 형성된 생식세포 중 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값(A+B)이 3인 세포가 있으므로 감수 1분열에서 A와 a(또는 B와 b)가 있는 상동 염색체의 비분리가 일어났으며, A와 a(또는 B와 b)의 상동 염색체를 가진 세포는 B(또는 A)를 갖는다. 이 세포에서 감수 2분열이 일어날 때 A 또는 B가 있는 염색체의 비분리가 일어나 A+B의 값이 3인 I과 A+B의 값이 1인 II가 형성되었음을 알 수 있다. 따라서 I의 상염색체 수는 24(㉓)이고, II의 상염색체 수는 21(㉔)이다.

✕. ①과 ①을 더한 값은 45이고, ②의 염색체 수는 46이다.

✕. II는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 A와 a(또는 B와 b)가 있는 상동 염색체를 가진 세포로부터 A 또는 B가 있는 염색체 중 하나가 감수 2분열에서 비분리되어 형성된 A와 B 중 하나를 가지지 않는 생식세포이다. 따라서 II는 a와 b 중 하나를 가진다.

㉔. I과 II는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 A와 a(또는 B와 b)가 있는 상동 염색체를 가진 세포로부터 형성되었다. 감수 1분열과 감수 2분열에서 성염색체의 비분리는 일어나지 않았으므로 I과 II의 성염색체 종류는 같고, I과 III의 성염색체 종류는 다르다.

## 08 염색체 비분리

G<sub>1</sub>기 세포 I로부터 형성된 ①과 ①에 21번 염색체가 모두 있는데, ①의 21번 염색체 수가 2이므로 ①이 형성될 때 감수 2분열에서 21번 염색체의 비분리가 일어났다. ②은 21번 염색체가 없고 ③은 21번 염색체가 2개 있으므로 ②과 ③이 형성될 때 감수 1분열 또는 감수 2분열에서 21번 염색체의 비분리가 일어났다.

✕. ①과 ①, ②과 ③의 형성 과정에서 성염색체의 비분리는 일어나지 않았다. ①에서 X 염색체 수가 0이므로 ①의 X 염색체 수는 1(㉓)이다. 여자의 성염색체 구성은 XX이므로 ③의 X 염색체 수는 1(㉔)이다. 따라서 ③와 ④를 더한 값은 2이다.

✕. ①은 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다.

㉔. ①과 ③의 수정으로 태어나는 아이는 21번 염색체 3개를 가지므로 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

## 09 성염색체 비분리

(나)의 세포는 성염색체의 비분리가 일어나는 감수 1분열 후기의 세포이다. 과정 I은 감수 1분열이고, 과정 II는 감수 2분열이다.

㉔. (나)의 세포는 감수 1분열 후기의 세포이므로 과정 I에서 관찰되는 세포이다.

㉔. ②의 염색체 수가 ①보다 많으므로 ②은 X 염색체와 Y 염색체를 모두 갖는 정자이고, 상염색체 수는 22이다. ①은 성염색체

를 갖지 않고, 상염색체 수는 22이다. 따라서 ①과 ②의 상염색체 수는 22로 같다.

✕. ②은 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있는 정자이다. ②과 정상 난자의 수정으로 태어난 아이의 성염색체 구성이 XXY이므로 이 아이는 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.

## 10 클라인펠터 증후군

아버지와 어머니에서 A의 DNA 상대량이 1로 같지만 (가) 발현 여부가 서로 다르므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, A는 정상 대립유전자이며, A\*는 (가) 발현 대립유전자이다.

㉔. (가)는 성염색체 유전 형질이다.

✕. 아들은 A\*와 A를 모두 가지고 있으므로 아버지로부터 X<sup>A</sup>Y(감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포)를 물려받고 어머니로부터 X<sup>A\*</sup>를 물려받거나, 아버지로부터 Y를 물려받고 어머니로부터 X<sup>A</sup>X<sup>A\*</sup>(감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포)를 물려받아야 한다. 따라서 ③은 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다.

㉔. 아들의 성염색체 구성이 XXY이므로 아들은 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.

## 11 남성 섬유증

정상인 1과 2에서 남성 섬유증이 발현된 3이 태어났으므로 남성 섬유증의 유전자는 상염색체에 있고 정상에 대해 열성이다.

㉔. 남성 섬유증은 정상에 대해 열성인 형질이다.

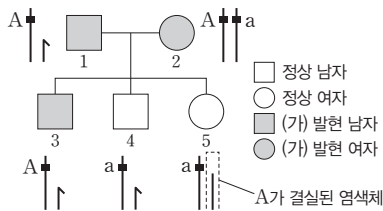
✕. 1은 남성 섬유증이 발현되지 않았으므로 남성 섬유증은 상염색체 유전 형질이다.

✕. 유전자 돌연변이에 의한 유전병인 남성 섬유증은 핵형 분석으로 확인할 수 없다.

## 12 염색체 구조 이상

(가)가 발현된 1과 2로부터 정상인 4와 5가 태어났으므로 A는 (가) 발현 대립유전자이고, a는 정상 대립유전자이다. A와 a는 X 염색체에 있으므로 (가)의 유전자형이 2는 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>와 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup> 중 하나이고, 1은 X<sup>A</sup>Y이다. 만일 2의 (가)의 유전자형이 X<sup>A</sup>X<sup>A</sup>라면 정상 생식세포끼리의 수정으로 태어나는 자녀에게서 모두 (가)가 발현되어야 한다. 하지만 4와 5에서 (가)가 발현되지 않았으므로 2의 (가)의 유전자형은 X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>이다. (가)가 발현된 3은 2로부터 X<sup>A</sup>를, 1로부터 Y를 물려받는 경우 태어날 수 있다. 하지만 5는 1로부터 X<sup>a</sup>를 물려받게 되므로 정상적인 경우 (가)가 발현되어야 한다. 따라서 ①은 구성원 5이다. 5에서 (가)가 발현되지 않으려면 2로부터 X<sup>a</sup>를 물려받고 1로부터 A를 물려받지 않아야 한다. 부모 중 한 명에서 (가)의 유전자가 결실된 생식세포 ②가 형성되었으므로 ②는 1에서 형성된 생식세포이다. 가계도에 가족 구성

원의 (가)의 유전자형을 나타내면 다음과 같다.



- ㉠. ③는 1에서 형성된 A가 결실된 생식세포이다.
- ✕. 체세포 1개당 A의 DNA 상대량은 2와 3에서 모두 1로 같다.
- ㉡. 염색체 구조 이상 돌연변이에 의해 염색체 수가 달라지지 않으므로 ③의 상염색체 수와 성염색체 수는 각각 22와 1이고, ⑤의 상염색체 수와 성염색체 수는 각각 22와 1이다. 따라서 상염색체 수/성염색체 수는 ③와 ⑤에서 모두 22로 같다.

### 13 유전자 돌연변이

(가)의 유전자형이 EE인 사람과 EF인 사람의 표현형이 같으므로 E는 F에 대해 완전 우성이다. 유전자형이 FG인 사람과 GG인 사람의 표현형이 같으므로 G는 F에 대해 완전 우성이다. (가)의 표현형은 최대 4가지이므로 E와 G는 F에 대해 각각 완전 우성(E, G>F)이고, E와 G 사이의 우열 관계는 불분명(E=G)하다. 유전자형이 ㉠(b)인 남자 I와 ㉡(c)인 여자 II 사이에서 태어나는 자녀 1이 가질 수 있는 유전자형은 ㉠(b), ㉡(b), ㉢(c), ㉣(c)가 가능하며 (가)의 표현형이 최대 3가지이므로 ㉡는 F가 아니고, E와 G 중 하나이다. I에서 ㉠가 ㉢로 변하는 돌연변이가 일어난 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 정자와 II에서 형성된 정상 난자의 수정으로 태어나는 자녀 2가 가질 수 있는 유전자형은 ㉢(c), ㉡(b), ㉣(c)가 가능하며, 이 아이의 (가)의 표현형이 II(㉢(c))와 같을 확률이  $\frac{1}{2}$ 이므로 ㉠는 F이고, ㉡는 E(또는 G), ㉢는 G(또는 E)이다. 유전자형이 ㉢(c)인 남자와 ㉡(b)인 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 FF(㉠), FG(㉡(b) 또는 ㉢(c)), EF(㉢(c) 또는 ㉡(b)), EG(㉡(b)c)이므로 이 아이의 (가)의 표현형이 ㉠(FG)과 같을 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

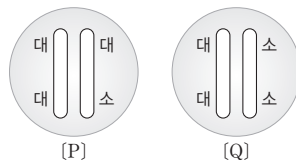
### 14 핵형과 염색체 비분리

같은 모양의 염색체가 있는 (가)와 (다)는 같은 동물의 세포이고, (나)는 다른 동물의 세포이다. X 염색체를 제외한 모든 염색체가 표시되었으므로 (나)는 핵상과 염색체 수가  $2n=6(4+XX)$ 인 B의 세포이고, (가)와 (다)는 체세포의 핵상과 염색체 수가  $2n=8(6+XY)$ 인 A의 생식세포이다. ✕. A는 성염색체가 XY인 수컷이고, B는 성염색체가 XX인 암컷이다.

- ㉠. (가)는 A의 세포인데 Y 염색체가 2개이므로 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 세포(㉠)이다.
- ㉡. 상염색체 수는 (다)에서가  $\frac{3}{1}$ 이고, (가)에서가  $\frac{3}{2}$ 이므로 (다)에서가 (가)에서의 2배이다.

### 15 다인자 유전과 염색체 비분리

같은 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 (가)의 유전에서 자손의 표현형이 4가지인 경우는 P와 Q의 (가)의 유전자형에서 각각 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개와 2개 또는 각각 2개와 1개일 때 가능하다. 그런데 P와 Q가 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자를 각각 2개와 1개를 가진다면, P에서 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 정자와 정상 난자의 수정으로 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 6인 아이가 태어날 수 없다. 따라서 그림과 같이 P와 Q는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 각각 3과 2이다.



- ㉠. P에서 형성된 염색체 수가 비정상적인 정자와 정상 난자의 수정으로 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 6인 아이가 태어났으므로 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 P에서가 3(㉡)이고, Q에서가 2(㉢)이다.
- ✕. Q는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 2개가 같은 염색체에 있으므로 Q에서 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자를 1개만 가지는 생식세포는 형성되지 않는다.
- ✕. Q로부터 형성되는 정상적인 난자는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 0 또는 2이므로, P에서 형성된 염색체 수가 비정상적인 정자(㉠)는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 4이어야 한다. P에서 생식세포가 형성될 때, 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어났다면 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 최대 3인 정자가 형성되므로, ㉠의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

### 16 염색체 비분리

B로부터 형성된 ㉠과 ㉡의 핵상이 각각  $n+1$ 과  $n-1$ 이므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다. ㉠과 ㉡ 중 하나는 X 염색체에 있는 적록 색맹 대립유전자를 가지므로, B는 핵상이  $n$ 이고 X 염색체를 갖는 세포이다. 감수 2분열에서는 염색체 분체의

분리가 일어나므로 ㉠은 적록 색맹 대립유전자를 2개 가지고, ㉡은 적록 색맹 대립유전자를 갖지 않는다.

㉢, ㉠에는 적록 색맹 대립유전자가 2개 있다.

㉣, 적록 색맹 대립유전자는 X 염색체에 있으며, ㉠과 ㉡이 형성될 때 감수 2분열에서 X 염색체의 비분리가 일어났다. 따라서 B와 ㉡의 상염색체 수는 각각 22로 같다.

✕, X 염색체가 있는 B에서 ㉠과 ㉡이 형성될 때 염색 분체의 비분리가 일어났으므로 ㉡은 X 염색체와 Y 염색체를 모두 갖지 않는다.

**3점 수능 테스트**

본문 165~169쪽

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

**01 사람의 유전병**

고양이 울음 증후군, 페닐케톤뇨증, 클라인펠터 증후군 중 염색체 구조 이상 돌연변이(㉢)에 해당하는 A는 고양이 울음 증후군이다. 남녀 모두에서 나타나는 돌연변이에 의한 유전병은 고양이 울음 증후군(A)과 페닐케톤뇨증(B)이다. 따라서 C는 클라인펠터 증후군이다.

㉠, A는 고양이 울음 증후군으로 5번 염색체의 일부가 결실되어 나타난다.

✕, B는 페닐케톤뇨증으로 유전자 돌연변이에 의한 유전병이다. 따라서 핵형 분석으로 알 수 없다.

✕, 클라인펠터 증후군(C)이 나타나는 사람의 성염색체 구성은 XXY이므로 ‘체세포 1개당 성염색체 수가 2이다.’는 (가)에 해당하지 않는다.

**02 염색체 비분리**

X 염색체가 2개이고 염색체 수가  $n+1$ 인 ㉡은 감수 2분열(II, ⑥)에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포( $22+XX$ )이다. 따라서 ㉠은 X 염색체가 1개이고, 감수 1분열(I, ⑤)에서 염색체 비분리가 일어났으므로 ㉠의 염색체 수는  $n+1(22+XY)$ 이다. ㉢은 염색체 수가  $n+1$ 이고, X 염색체 수가 0이므로 감수 2분열에서 Y 염색체의 비분리가 일어나 형성된 생식세포( $22+YY$ )이다.

✕, 2개의 X 염색체를 가지는 ㉡의 염색체 수가  $n+1$ 이므로 ㉡이 형성될 때 염색체 비분리가 일어난 시기는 감수 2분열(II, ⑥)이다.

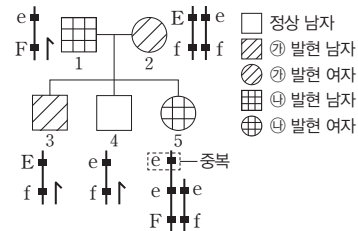
㉣, ㉠은 상염색체 22개와 성염색체 XY를, ㉢은 상염색체 22

개와 성염색체 YY를 가지므로 상염색체 수는 ㉠과 ㉢에서  $\frac{2}{22}$ 로 같다.

㉤, ㉠은 상염색체 22개와 성염색체 XY를 가지므로, 정상 난자와의 수정으로 태어나는 아이는  $44+XXY$ 의 염색체 구성을 가진다. 성염색체 구성이 XXY이므로 이 아이는 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.

**03 염색체 구조 이상**

3과 4에서 ㉠ 발현 여부가 다르므로 2의 ㉠의 유전자형은 이형 접합성이고, ㉡는 우성 형질이다. 3과 4에서 ㉠가 모두 발현되지 않았으므로 2는 ㉠에 대해 정상 대립유전자만을 가지는 동형 접합성이다. 1과 2의 ㉠의 표현형이 다르므로 5는 ㉠에 대해 이형 접합성(Ff)이며, 5는 ㉠에 대해 우성 표현형을 나타낸다. 따라서 F는 ㉠ 발현 대립유전자이고, f는 정상 대립유전자이다. 1과 5는 F를 가지므로 F가 없는 I이 2의 세포이다. 1은 대립유전자 e만을 가지므로 ㉠는 e이다. II는 e(㉠)와 F의 DNA 상대량이 같으므로 1의 세포이며, III이 5의 세포이다. III은 1로부터 염색체 구조 이상 돌연변이 중복이 일어나 e가 2개 있는 X 염색체를 가진 정자와 정상 난자의 수정으로 태어난 5의 생식세포이다. 가계도에 가족 구성원의 유전자 구성을 나타내면 다음과 같다.



㉠, I은 2의 세포이고, II는 1의 세포이다.

✕, ㉠의 유전자형이  $X^{ee}$ 이므로 f를 갖지 않는다.

㉢, III의 핵상이  $2n$ 이라면 ㉠(e)의 DNA 상대량은 F의 DNA 상대량의 3배이다. 하지만 (나)에서 ㉠(e)의 DNA 상대량이 F의 DNA 상대량의 2배이므로 III은 핵상이  $n$ 인 5의 생식세포이다.

**04 염색체 비분리**

어머니에게서 a의 DNA 상대량(㉠)이 0이라면 ㉡는 2가 될 수 없으므로 1이고, ㉢는 2이다. 자녀 1에서 b의 DNA 상대량(㉣)이 2이므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있고, (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 이 경우 어머니에게서 a의 DNA 상대량(㉠)이 0인데, 자녀 1에서 a의 DNA 상대량이 1이므로 모순이다. 어머니에게서 a의 DNA 상대량(㉠)이 1이라면 ㉡와 ㉢는 각각 0과 2 중 하나이다. ㉡가 0이라면 자녀 1에서 b의 DNA 상대량이 2(㉣)가 될 수 없으므로 모순이고, ㉡가 2라면 자녀 1에서 b의 DNA 상대량이 0(㉣)이 될 수 없으므로 모순이다. 따라서 ㉠는 2

이고, 어머니에서 a의 DNA 상대량이 2(㉔)이므로 자녀 1에서 a의 DNA 상대량은 0이 될 수 없다. ㉔는 1이며, ㉔는 0이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

구성원	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3	자녀 4
성별	여	남	여	남	여
a의 DNA 상대량	㉔(2)	㉔(1)	㉔(1)	㉔(2)	㉔(1)
b의 DNA 상대량	㉔(1)	㉔(0)	㉔(2)	㉔(0)	㉔(2)
(가) 발현 여부	○	×	×	○	×
(나) 발현 여부	○	○	×	○	○

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

어머니의 (가)의 유전자형은 aa이므로 (가)는 열성 형질이다. 자녀 1에서 (가)가 발현되지 않았으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 어머니에게서 b의 DNA 상대량이 1(㉔)인데 (나)가 발현되었으므로 (나)는 우성 형질이다. 자녀 1에서 a의 DNA 상대량이 1이므로 아버지는 A를 가지고, 자녀 2에서 b의 DNA 상대량이 2이므로 아버지의 (나)의 유전자형은 X<sup>b</sup>Y이며, 어머니의 (가)와 (나)의 유전자형은 aa, X<sup>B</sup>X<sup>b</sup>이다. 자녀 4는 b의 DNA 상대량이 2인데, (나)가 발현되었으므로 B를 가지고, 4의 체세포에는 3개의 X 염색체가 있다. 3은 정상 정자와 정상 난자의 수정으로 태어났으며, 아버지의 (가)의 유전자형은 이형 접합성(Aa)이다.

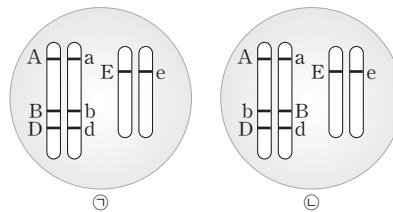
㉔. ㉔는 2, ㉔는 1, ㉔는 0이다. 따라서 ㉔+㉔>㉔이다.

×. 아버지의 (가)와 (나)의 유전자형은 Aa, X<sup>b</sup>Y이다. (가)는 열성 형질, (나)는 우성 형질이므로 아버지에게서 (가)와 (나)는 모두 발현되지 않았다.

×. 성염색체 구성이 X<sup>B</sup>X<sup>b</sup>X<sup>b</sup>인 4가 태어나려면 아버지에게서 생식세포가 형성될 때 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 정자(X<sup>b</sup>X<sup>b</sup>)와 정상 난자(X<sup>B</sup>)가 수정되거나 어머니에게서 생식세포가 형성될 때 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 난자(X<sup>B</sup>X<sup>b</sup>)와 정상 정자(X<sup>b</sup>)가 수정되어야 한다. 따라서 ㉔는 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 난자가 아니다.

### 05 다인자 유전과 염색체 비분리

(가)의 유전자형이 AaBbDdEe인 부모로부터 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형이 최대 7가지가 되기 위해서는 (가)의 유전자 중 3개는 같은 염색체에 있고, 나머지 하나는 다른 염색체에 있어야 하며, 부모 중 한 명은 대문자로 표시되는 대립유전자 3개가 같은 염색체에 있고, 다른 한 명은 대문자로 표시되는 대립유전자 2개가 같은 염색체에 있어야 한다. 그림은 부모의 체세포 염색체 일부에서 (가)의 유전자 구성과 위치의 예를 나타낸 것이다.



정상 정자와 정상 난자의 수정으로 태어나는 자녀가 가질 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자 수의 최댓값은 7이므로 그림에서 E와 e가 있는 염색체에서 염색체 비분리가 일어난다면 자녀에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 최대 8이므로 표의 자료를 만족하지 않는다. 따라서 ㉔과 ㉔에서 염색체 비분리는 각각 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 3인 염색체와 2인 염색체에서 일어났다. ㉔과 ㉔으로부터 형성된 정상 생식세포에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 각각 최대 4와 3이다. 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어난다면 ㉔과 ㉔에서 형성되는 생식세포에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 최대 4이므로 표의 자료를 만족하지 않는다. ㉔에서 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개 있는 염색체가 감수 2분열에서 비분리된다면 생식세포가 가질 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 최대 7이다. ㉔에서 대문자로 표시되는 대립유전자가 2개 있는 염색체가 감수 2분열에서 비분리되었다면 생식세포가 가질 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 최대 5이다. 따라서 자녀 1은 ㉔에서 형성된 ㉔와 정상 정자의 수정으로 태어났으며, 자녀 2는 ㉔에서 형성된 ㉔와 정상 난자의 수정으로 태어났다.

×. 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 ㉔에서가 5이고 ㉔에서가 7이므로 ㉔에서가 ㉔에서보다 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 2개 많다.

㉔. ㉔는 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 생식세포이다.

×. 아버지(㉔)는 대문자로 표시되는 대립유전자 3개가 같은 염색체에 있으므로 아버지(㉔)로부터 대문자로 표시되는 대립유전자 2개를 갖는 생식세포는 형성되지 않는다.

### 06 돌연변이

중기의 세포인 ㉔은 각 대립유전자의 DNA 상대량이 2 또는 0이므로 I은 ㉔이다. E의 DNA 상대량이 0인 II와 f의 DNA 상대량이 0인 IV는 각각 ㉔과 ㉔ 중 하나이므로 III은 ㉔이다. G<sub>1</sub>기 세포인 ㉔에서 F의 DNA 상대량이 2이므로 ㉔의 (가)의 유전자형은 EeFFGg이며, f를 갖는 II는 F(㉔)가 f(㉔)로 변하는 돌연변이가 일어나 형성된 세포이다. ㉔은 ㉔(I)이 분열하여 생성된 세포이므로 IV가 ㉔이며, II가 ㉔이다. IV는 E와 e를 모두 가지므로 ㉔에서 E와 e가 있는 상동 염색체가 비분리되어 I(㉔)이 형성되었다. 이를 정리하여 표를 나타내면 다음과 같다.

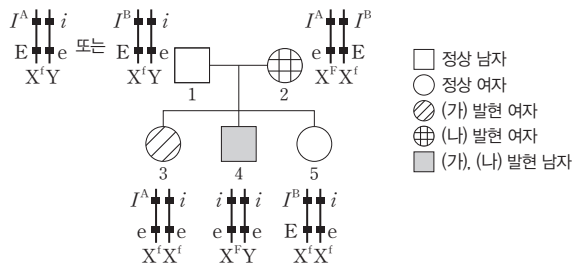


구분	DNA 상대량					
	E	e	F	f	G	g
I(㉠)	2	?(2)	2	?(0)	0	?(2)
II(㉡)	0	?(0)	?(0)	1	1	?(0)
III(㉢)	?(1)	1	2	?(0)	?(1)	1
IV(㉣)	?(1)	1	1	0	?(0)	1

- ✕. ㉠의 (가)의 유전자형은 EeFFGg이다.  
 ○. ㉡는 f이다. ㉡(II)은 F(㉠)가 f(㉡)로 변하는 돌연변이가 일어나 형성된 세포이므로 ㉡(II)에는 ㉡(f)가 있다.  
 ○. E, G의 DNA 상대량을 더한 값은 III에서  $\frac{2}{1}$ 이고, IV에서  $\frac{1}{1}$ 이므로 III에서가 IV에서의 2배이다.

### 07 ABO식 혈액형과 염색체 비분리

AB형인 2로부터 O형인 ㉠이 정상적인 과정으로 태어날 수 없으므로 ㉠은 상염색체의 비분리가 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 정자와 상염색체의 비분리가 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 난자의 수정으로 태어났다. ㉠은 2로부터  $I^A$ 와  $I^B$ 를 모두 물려받지 않았으므로 1로부터 2개의  $i$ 를 물려받았다. 1과 2에서 모두 (가)가 발현되지 않았는데 3에서 (가)가 발현되었으므로 (가)는 열성 형질이며, (가)의 유전자는 ABO식 혈액형의 유전자와 같은 염색체에 있고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 3은 2로부터  $I^A$ 와  $I^B$  중 하나를 물려받으므로 ㉠과 ㉡ 중 하나이다. 3의 (가)의 유전자형이 ee이므로 체세포 1개당 E의 DNA 상대량과 f의 DNA 상대량을 더한 값(E+f)은 최대 2이며, 3은 ㉠이다. 따라서 3의 (나)의 유전자형은  $X^fX^f$ 이고, 2와 3의 (나)의 표현형이 다르므로 (나)는 우성 형질이다. ㉠에서 E+f의 값이 3이므로 ㉠의 체세포에는 f가 최소 1개 있다. 만일 4가 ㉡이라면 4는 EE,  $X^fY$ 의 유전자 구성을 가지므로 (나)가 발현되지 않아야 한다. 하지만 4에게서 (가)와 (나)가 모두 발현되었으므로 ㉠은 5이고, ㉠이 4이다. 4에서 (가)가 발현되었으므로 4는 1로부터  $i$ 와 e가 함께 있는 염색체 2개를 물려받았으며, 3은 2로부터  $I^A$ 와 e가 있는 염색체를, 5는 2로부터  $I^B$ 와 E가 있는 염색체를 물려받았다. 가계도에 (가), (나), ABO식 혈액형의 유전자형을 나타내면 그림과 같다.



- . 2의 (나)의 유전자형은  $X^fX^f$ 인데 (나)가 발현되었으므로 (나)는 우성 형질이다.

- . ㉠(3)은 1로부터  $i$ 와 e가 함께 있는 염색체를 물려받았고, 2로부터  $I^A$ 와 e가 함께 있는 염색체를 물려받았다.  
 ✕. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이의 ABO식 혈액형이 ㉠(4)과 같을 확률은 0이므로, (가)와 (나)의 표현형이 4와 같을 확률을 구하면 된다. (가)의 표현형이 4와 같을 확률은  $\frac{1}{4}$ 이고, (나)의 표현형이 4와 같을 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 구하고자 하는 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

### 08 염색체 돌연변이

II에는 ㉠과 ㉡, III에는 ㉢과 ㉣이 있으므로 ㉠과 ㉡, ㉠과 ㉢은 각각 상동 염색체이다. IV에는 ㉤, ㉥, ㉦이 있으므로 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 정자이다. 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 정자에서는 F와 f의 DNA 상대량이 각각 1이므로 IV는 ㉠과 ㉡ 중 하나이다. IV가 ㉠라면 E는 ㉠에 있다. I~IV 중 ㉠이 있는 정자는 1개(I)인데, E를 갖는 정자는 2개(㉢, ㉣)이므로 모순이다. 따라서 IV는 ㉡이고, e는 ㉠에 있다. I에 ㉠이 있고, ㉠은 e를 가지므로 I은 ㉠이고, ㉠은 정상 정자이며, f는 ㉡에 있다. ㉡을 갖는 정자가 3개(I, III, IV)이고, f를 갖는 정자도 3개(㉠, ㉡, ㉢)이므로 III은 ㉢이며, II는 ㉣이다. III(㉢)은 ㉠을 갖지 않으므로 e의 DNA 상대량이 0이다. 따라서 III(㉢)은 E와 e를 모두 갖지 않으므로 III은 ㉣의 유전자가 있는 염색체(㉤)에서 결실이 일어나 형성된 E가 없는 정자이다. 이를 바탕으로 표 (가)와 (나)를 정리하면 다음과 같다.

구분	염색체			
	㉠(e)	㉡(F)	㉢(E)	㉣(f)
I(㉠, 정상)	○	×	×	○
II(㉡, 정상)	×	○	○	×
III(㉢, 결실)	×	×	○	○
IV(㉣, 염색체 비분리)	×	○	○	○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

구분	DNA 상대량			
	E(㉢)	e(㉣)	F(㉡)	f(㉣)
㉠(I, 정상)	0	1	?(0)	1
㉡(IV, 염색체 비분리)	1	0	?(1)	?(1)
㉢(III, 결실)	0	?(0)	0	1
㉣(II, 정상)	1	0	1	0

(나)

- . IV는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 F와 f를 모두 갖는 ㉡이다.  
 ○. ㉠에는 F가 있으므로 ㉠은 2번 염색체이다.  
 ✕. I~IV 중 E와 e를 모두 갖지 않아 ㉣의 유전자가 결실된 세포는 III(㉢)이다.

# 11 생태계의 구성과 기능

## 2점 수능 테스트

본문 180~182쪽

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

### 01 생태계

생태계는 생물적 요인과 비생물적 요인으로 구성되고 서로 영향을 주고받는다.

✕. 개체군 A는 같은 종으로 구성된다. 여러 종의 생물로 구성된 집단은 군집이다.

○. ①은 서로 다른 개체군이 서로 영향을 주고받는 것으로 두 개체군 사이의 먹고 먹히는 관계인 포식과 피식은 ①에 해당한다.

○. 기온이라는 비생물적 요인이 나무라는 생물적 요인에 영향을 미치는 것은 ②에 해당한다.

### 02 생태계

A는 빛에너지를 흡수하는 생산자, B는 다른 생물로부터 유기물을 얻는 소비자, C는 생물의 사체나 배설물에 들어 있는 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 분해자이다.

○. 곰팡이는 C(분해자)에 해당한다.

○. A(생산자)에서 B(소비자)로 물질이 유기물 형태로 이동한다.

○. A(생산자)에서는 광합성을 통해 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.

### 03 개체, 개체군, 군집, 생태계

①은 생태계, ②은 군집, ③은 개체군이다.

✕. ①은 생물적 요인과 비생물적 요인을 모두 포함하는 생태계이다.

✕. ②은 군집으로 생물적 요인으로만 구성되고, 비생물적 요인은 포함하지 않는다.

○. ③은 개체군으로 같은 종으로 구성된다.

### 04 개체군의 성장 곡선

A는 J자형의 이론적 성장 곡선, B는 S자형의 실제 성장 곡선이다.

✕. A는 환경 저항을 받지 않는 이론적 성장 곡선, B는 환경 저항을 받는 실제 성장 곡선이다.

○. 구간 I에서 개체 수의 증가 속도는 기울기에 비례하므로 A

에서 B에서보다 빠르다.

○. 환경 저항은 개체군의 성장을 억제하는 요인으로 먹이 부족, 서식 공간 부족, 노폐물 축적 등이 있고, 시간의 흐름에 따라 증가한다. B에서 환경 저항은 구간 I에서 구간 II에서보다 작다.

### 05 개체군의 주기적 변동

돌말은 광합성을 하는 식물성 플랑크톤이므로 영양염류의 농도가 높고, 빛의 세기가 강하고, 수온이 높을수록 번식을 잘 한다. ①이 돌말의 개체 수라면 초봄에 ②(영양염류의 농도), 빛의 세기, 수온이 모두 증가했을 때 ③(돌말의 개체 수)이 증가해야 하지만 감소했다. 따라서 ①은 영양염류의 농도, ②은 돌말의 개체 수이다.

○. ①은 영양염류의 농도, ②은 돌말의 개체 수이다.

○. 구간 I에서 빛의 세기가 증가한다.

✕. 돌말 개체군의 밀도는  $\frac{\text{돌말의 개체 수}}{\text{돌말의 서식지 면적}}$ 이고, 돌말의 서식지 면적은 변함없으므로 돌말 개체군의 밀도는 돌말의 개체 수에 비례한다. 구간 II에서 돌말의 개체 수가 감소하므로 돌말 개체군의 밀도도 감소한다.

### 06 개체군

출생률이 사망률보다 크면 개체군의 개체 수가 증가하고, 출생률이 사망률보다 작으면 개체군의 개체 수가 감소한다.

○. 밀도는 서식지 면적에 대한 개체 수의 비율이다. 구간 I에서 출생률이 사망률보다 낮으므로 A의 개체 수는 감소하고, A의 밀도가 감소한다.

✕. 구간 II에서 출생률은 0이 아니므로 출생한 개체가 있다.

✕. A의 성장 곡선이 이론적 성장 곡선이라면 출생률과 사망률의 차가 시간에 따라 증가해야 하지만 그렇지 않았으므로 A의 성장 곡선은 이론적 성장 곡선이 아니다.

### 07 개체군

개체군의 밀도는 개체군이 서식하는 공간의 단위 면적당 개체 수를 의미한다.

○. 환경 수용력은 주어진 환경에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기로 (나)에서 B의 환경 수용력은 100마리이다.

○. (가)에서 A의 성장 곡선은 환경 저항을 받는 S자형 성장 곡선을 나타낸다. 환경 저항은 개체군이 서식하는 모든 시간에 존재하므로  $t_2$ 일 때 A는 환경 저항을 받는다.

○. A의 서식 면적을 2S, B의 서식 면적을 S라 하자.  $t_1$ 일 때 A의 개체군 밀도는  $\frac{50}{2S} = \frac{25}{S}$ ,  $t_3$ 일 때 B의 개체군 밀도는  $\frac{100}{S}$ 이므로  $t_1$ 일 때 A의 개체군 밀도는  $t_3$ 일 때 B의 개체군 밀도의  $\frac{1}{4}$ 배이다.

### 08 군집의 천이

2차 천이는 기존의 식물 군집이 있었던 곳에 산불, 산사태, 벌목 등이 일어나 군집이 파괴된 후, 기존에 남아 있던 토양에서 시작하는 천이이다. 2차 천이의 개척자는 주로 초본이다.

㉠ 2차 천이의 진행 과정은 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림으로 진행되고, 2차 천이의 개척자 식물은 주로 초본으로 초원을 구성한다. 나무가 많은 ㉠에서 나무가 없어진 ㉡ 사이인 과정 I에서 산불이 일어났고, ㉢은 초원, ㉣은 관목림, ㉤은 양수림, ㉥은 혼합림, ㉦은 음수림이다.

㉢ I에서 나무의 수가 감소하였으므로, I에서 산불이 일어났음을 알 수 있다.

✗ 이 식물 군집은 음수림에서 극상을 이룰 것이다.

### 09 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

A와 B는 함께 서식할 때보다 따로 서식할 때 개체군의 밀도가 증가한다.

㉠ A만 서식할 때 A는 ㉡에서 서식할 수 있지만 ㉠에 비해 개체수가 적으므로 ㉡에서 환경 저항을 받는다.

✗ A와 B가 함께 서식할 때 ㉠에서는 A와 B가 함께 서식하므로 경쟁·배타가 일어나지 않았다.

✗ A는 바위 대부분에서 서식할 수 있고, B는 바위의 ㉠과 ㉡에서 서식할 수 있다. 이 바위에서 A와 B가 함께 서식할 때 B를 제거하면, A는 ㉡에서도 서식할 수 있으므로 A의 개체군 밀도가 증가할 것이다.

### 10 방형구법

A~D의 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도, 중요치를 구하면 표와 같다.

종	밀도 (개체 수/m <sup>2</sup> )	빈도	피도 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	중요치
A	4	0.3	0.04	20	30	40	90
B	6	0.2	0.03	30	20	30	80
C	5	0.3	0.02	25	30	20	75
D	5	0.2	0.01	25	20	10	55

㉠ A의 상대 밀도는 20%, D의 상대 빈도는 20%로 같다.

㉡ C의 빈도는 0.3이므로 전체 방형구 10개 중 C가 출현한 방형구의 수는 3이다.

✗ 이 식물 군집에서 우점종은 중요치가 가장 큰 A이다.

### 11 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

㉠은 상리 공생, ㉡은 중간 경쟁, ㉢은 포식과 피식이다.

㉣ 상리 공생 관계인 두 종은 모두 이익을 얻고, 중간 경쟁 관계

인 두 종은 모두 손해를 입는다. 포식과 피식 관계의 두 종에서 한 종은 손해를 입고, 다른 한 종은 이익을 얻는다. 따라서 ㉠은 상리 공생, ㉡은 중간 경쟁, ㉢은 포식과 피식이다. ㉣(개미)와 ㉤(아카시아)는 모두 이익을 얻으므로 ㉣(개미)와 ㉤(아카시아)의 관계는 ㉣(상리 공생)의 예에 해당한다.

㉥ 겨우살이는 다른 식물에 붙어살면서 이익을 얻고, 다른 식물은 손해를 입는다. 따라서 ㉥(겨우살이)는 기생 생물, 다른 식물은 숙주이다.

㉦ 두 종 사이에서 같은 먹이와 같은 서식 공간을 점유하는 정도를 나타내는 생태적 지위가 중복될수록 ㉦(중간 경쟁)이 일어날 가능성이 높아진다.

### 12 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

개체군 밀도 =  $\frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}}{\text{개체군이 서식하는 공간의 면적}}$ 이고, A와 B를 혼합 배양했을 때 B가 사라졌으므로 A와 B 사이의 상호 작용은 중간 경쟁이다.

✗ (가)에서 A의 성장 곡선은 환경 저항에 의한 S자형이다.

✗ (나)에서 A와 B를 혼합 배양했을 때 A만 살아남고 B는 사라졌으므로 A와 B 사이에 중간 경쟁에 의한 경쟁·배타가 일어났다.

㉢ (가)에서 A와 B의 서식 조건은 같고, t<sub>1</sub>일 때 A의 개체 수는 t<sub>2</sub>일 때 B의 개체 수보다 작다. 따라서 t<sub>1</sub>일 때 A의 개체군 밀도는 t<sub>2</sub>일 때 B의 개체군 밀도보다 작다.

### 3점 수능 테스트

본문 183~187쪽

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

### 01 생태계의 구성

㉠은 생물 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이므로 ㉠에 관계된 요소는 생물적 요인이다. 따라서 ㉠은 I이고, ㉡는 생물적 요인, ㉢는 비생물적 요인이다. II의 예는 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 미치는 것이므로 II는 ㉠이고, 나머지 III은 ㉡이다.

✗ I은 ㉡, II는 ㉠, III은 ㉡이다.

✗ 소나무는 ㉣(생물적 요인)에 속한다.

㉤ 2종의 새가 가문비나무에서 활동하는 공간이 다른 것은 분서(생태적 지위 분화)로 ㉤의 예에 해당한다.

## 02 개체, 개체군, 군집, 생태계의 관계

비생물적 요인을 포함하는 ㉠은 생태계, 독립된 하나의 생명체를 의미하는 ㉡은 개체이다. ㉢과 ㉣은 각각 개체군과 군집 중 하나인데, ㉣은 모든 ㉢의 집합이므로 ㉣이 군집, ㉢이 개체군이다.

㉠, ㉠은 생태계, ㉡은 개체군, ㉢은 개체, ㉣은 군집이다. P는 같은 종으로 구성된 토끼 집단이므로 ㉢(개체군)에 해당한다.

✗. ㉣은 군집, ㉠은 생태계이다.

㉢. 비생물적 요인은 생물을 둘러싼 환경 요소로 온도, 빛, 토양, 물, 공기 등이 있다. 온도, 빛, 토양은 모두 ㉣(비생물적 요인)에 해당한다.

## 03 개체군의 성장 곡선

㉠은 J자형 성장 곡선을 나타내는 이론적 성장 곡선, ㉡은 S자형 성장 곡선을 나타내는 실제 성장 곡선이다.

㉢. ㉢(실제 성장 곡선)의 구간 I에서 개체 수가 증가하고 있으므로 출생한 개체 수는 사망한 개체 수보다 많고,  $\frac{\text{출생한 개체 수}}{\text{사망한 개체 수}} > 1$ 이다.

✗. 표에서 A의 개체 수 증가 속도는 증가하다가 감소하므로 A의 성장 곡선은 ㉢(실제 성장 곡선)에 해당한다.

✗. A를 배양할 때 환경 저항은 개체 수가 증가할수록 증가하므로 A에 작용하는 환경 저항은  $t_3$ 일 때가  $t_8$ 일 때보다 작다.

## 04 개체군의 생존 곡선

같은 시기에 태어난 개체들이 시간이 지남에 따라 얼마나 살아남았는지 상대 수명에 따라 그래프로 나타낸 것을 생존 곡선이라고 한다.

✗. I형 생존 곡선을 따르는 생물은 출생 수는 적지만 부모의 보호를 받아 초기 사망률이 낮고, 대부분의 개체가 생리적 수명을 다하고 죽는다. II형 생존 곡선을 따르는 생물은 출생 후 일정한 사망률을 보인다. A는 알에서 부화한 후 전 생애를 거쳐 일정한 비율로 죽기 때문에, A의 생존 곡선은 II형이다.

㉢. B는 출생 수는 적지만 부모의 보호를 받으며, 초기 사망률이 낮으므로 B의 생존 곡선은 I형이다. 가족은 태어난 새끼를 돌보므로 B로 구성된 개체군에서 개체군 내의 상호 작용 중 혈연 관계의 개체들이 모여 생활하는 가족생활이 나타난다.

㉣. 구간 ㉣에서 생존 개체 수 감소율은 그래프가 급하게 감소하고 있는 II형에서 그래프가 완만하게 감소하고 있는 III형에서 보다 크다.

## 05 개체군 내의 상호 작용

은어 개체군 내에서 나타나는 상호 작용은 텃세이고, ㉠은 포식과 피식, ㉡은 텃세, ㉢은 순위제이다.

✗. 한 개체가 일정한 생활 공간을 확보하고 다른 개체의 침입을 막는 것은 텃세이다. 따라서 ㉡은 텃세이다. ㉠은 포식과 피식, ㉢은 순위제이다. ㉠(포식과 피식)은 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이고, ㉢(순위제)은 개체군 내의 상호 작용이다.

㉣. 그림의 은어 개체군에서 은어들은 다른 개체들의 출입을 막는 세력권을 형성하고 있다. 따라서 그림의 은어 개체군에서 ㉣(텃세)이 나타난다.

✗. A와 B는 서로 다른 세력권을 형성하고 있고, A와 B 사이에서 텃세가 나타난다.

## 06 종 사이의 상호 작용

흰둥가리와 말미잘의 관계에서 두 종 모두 이익을 얻으므로 (가)는 상리 공생, 거북과 빨판상어의 관계에서 빨판상어만 이익을 얻는 (나)는 편리공생이다. (다)와 (라)는 각각 기생, 포식과 피식 중 하나이고, (라)에서 벼룩은 개에 기생하므로 (라)는 기생, (다)는 포식과 피식이다.

㉠. (가)는 상리 공생, (나)는 편리공생, (다)는 포식과 피식, (라)는 기생이다.

㉢. (다)(포식과 피식)에서 이익을 얻는 종은 포식자이므로 ㉣는 사자이다.

✗. 콩과식물과 뿌리혹박테리아의 상호 작용은 두 종 모두에게 이익이므로 (가)(상리 공생)의 예에 해당한다.

## 07 종 사이의 상호 작용

종간 경쟁 관계의 두 종은 모두 손해를 입고, 상리 공생 관계의 두 종은 모두 이익을 얻으며, 포식과 피식 관계의 두 종 중 한 종은 손해를 입고, 다른 한 종은 이익을 얻는다. 따라서 ㉢은 상리 공생이고, ㉣는 이익, ㉡는 손해이다. 종 1은 손해를 입고, 종 2는 이익(㉣)을 얻는 ㉠은 포식과 피식, 나머지 ㉡은 중간 경쟁이다.

㉠. (가)의 A에서  $\frac{\text{출생한 개체 수}}{\text{사망한 개체 수}}$ 가 1보다 크면 개체 수가 증가하고, 1보다 작으면 개체 수가 감소하므로  $\frac{\text{출생한 개체 수}}{\text{사망한 개체 수}}$ 는 구간 I에서 구간 II에서보다 크다.

✗. A와 B를 혼합 배양했을 때 B가 사라지는 경쟁·배타가 나타났으므로 A와 B의 상호 작용은 ㉢(종간 경쟁)의 예에 해당한다. A와 B의 상호 작용이 포식과 피식이고 A가 포식자, B가 피식자라면 B가 감소할 때 A도 감소한다. 반대로 A가 피식자, B가 포식자라면 A가 증가할 때 B도 증가해야 하지만 (나)에서 A와 B의 성장 곡선은 두 가지 경우 모두 만족하지 않으므로 A와 B의 상호 작용은 포식과 피식이 아니다.

✗. 눈신토끼와 스라소니의 관계에서 눈신토끼는 피식자, 스라소니는 포식자이므로 눈신토끼와 스라소니 사이의 상호 작용은 ㉠(포식과 피식)의 예에 해당한다.

### 08 균질의 천이

산불이 난 후의 천이 과정은 2차 천이이다. A는 초원, B는 양수림, C는 음수림이고, B(양수림)에서 크기가 작은 ㉠은 활엽수(음수), ㉡은 침엽수(양수)이다.

㉠ K에서는 산불이 난 후의 천이 과정인 2차 천이 과정이 일어났다.

㉡  $t_2$ 일 때 K의 우점종은 ㉠(활엽수(음수))이다.

㉢ 천이가 진행될수록 지표면에 도달하는 빛의 세기는 약해지므로 지표면에 도달하는 빛의 세기는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 강하다.

### 09 천이

빈영양호에서 시작하여 음수림까지 진행되는 I은 습성 천이 과정, 용암 대지에서 시작하여 음수림까지 진행되는 II는 건성 천이 과정이다.

㉠ I은 습성 천이 과정, II는 건성 천이 과정이다.

㉡ A는 지의류, B는 초원, C는 양수림, D는 혼합림, E는 음수림이다. C(양수림)에서는 양수가 우점종이고, D(혼합림)에는 양수와 음수가 함께 있다. C(양수림)와 D(혼합림)에는 모두 양수가 있다.

㉢ 극상인 어떤 지역에서 산불이 일어나면 2차 천이가 일어나고 개척자는 주로 초본(풀)이다.

### 10 우점종

$t_1 \sim t_3$ 일 때 A~C의 상대 밀도(%), 상대 빈도(%), 상대 피도(%)를 구하면 표와 같다.

종	$t_1$			$t_2$			$t_3$		
	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)
A	35	약 31.3	35	45	50	40	10	약 18.8	10
B	50	50	㉠(50)	40	37.5	45	35	약 31.3	40
C	15	약 18.8	15	15	12.5	㉡(15)	55	50	?(50)

㉠ A~C의 상대 피도의 합은 100이므로 ㉠은 50, ㉡는 15이다. 따라서 ㉠+㉡=50+15=65이다.

㉡  $t_1$ 일 때 A의 빈도는 0.5이므로 A가 출현한 방형구 수는  $20 \times 0.5 = 10$ 이다.

㉢ 우점종은 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 더한 값인 중요치가 가장 높은 종이다.  $t_2$ 일 때 우점종은 중요치가 135인 A,  $t_3$ 일 때 우점종은 중요치가 155인 C이다.

## 12

### 에너지 흐름과 물질 순환, 생물 다양성

#### 2점 수능 테스트

본문 194~196쪽

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

#### 01 물질의 생산과 소비

생태계는 에너지 흐름과 물질 순환을 통해, 물질 생산과 물질 소비가 균형을 이루고 있다.

㉠ 총생산량이란 생산자가 일정 기간 동안 광합성을 통해 합성한 유기물의 총량이다.

㉡ 호흡량이란 생물이 자신의 생활에 필요한 에너지를 얻기 위해 호흡에 소비한 유기물의 양이다.

㉢ 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 제외한 유기물의 양이다.

#### 02 물질의 생산과 소비

총생산량은 순생산량과 호흡량을 더한 유기물의 양으로 나타낼 수 있다. 순생산량에는 피식량, 고사·낙엽량, 성장량이 포함된다. 따라서 A는 총생산량, B는 순생산량, C는 호흡량이다. ㉠은 성장량이다.

㉡ A는 B(순생산량)와 C(호흡량)를 더한 유기물의 양이므로 총생산량이다.

㉢ 순생산량은 B이며, A(총생산량)에서 C(호흡량)를 제외한 유기물의 양이다.

㉣ 초식 동물은 생산자를 섭취하여 에너지를 얻으므로 초식 동물의 성장량은 생산자의 피식량에 포함된다.

#### 03 물질 순환과 에너지 흐름

생태계 내에서 물질은 다양한 형태로 전환되면서 순환을 하고, 에너지는 순환하지 않고 한 방향으로 흐르다가 열에너지로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다. A는 토끼풀, B는 토끼, C는 여우이고, 경로 X는 에너지의 이동 경로, 경로 Y는 물질의 이동 경로이다.

㉠ A(생산자)에서 광합성을 통해 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.

㉡ 토끼는 초식 동물로서 1차 소비자에 해당하므로 B이다.

㉢ 경로 X는 생산자의 광합성을 통해 빛에너지가 유입되어 열에너지로 방출되는 에너지의 이동 경로이다.

### 04 탄소 순환

탄소는 생명체를 구성하는 유기물의 기본 골격을 이루며, 대기에서는 주로 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)로, 물속에서는 주로 탄산수소 이온(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)으로 존재한다. 먹이 사슬을 따라 유기물의 형태로 생산자에서 소비자로 이동하고, 사체나 배설물의 형태로 분해자에게로 이동한다. ㉠은 광합성, ㉡은 호흡, ㉢은 연소이다.

㉠. ㉠은 대기 중의 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)가 생산자에게 이동하는 과정으로 광합성이다.

✕. ㉡은 호흡으로 생태계를 구성하는 생물적 요인인 생산자, 소비자, 분해자 모두에게서 일어난다.

㉢. ㉢은 석탄, 석유와 같은 화석 연료가 분해되는 과정인 연소이다.

### 05 질소 순환

대기 중의 질소 기체(N<sub>2</sub>)는 생산자가 직접 이용할 수 없으므로 미생물이나 공중 방전 등에 의해 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이나 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)의 형태로 전환된 후 먹이 사슬을 따라 이동하다가 탈질산화 작용에 의해 질소 기체(N<sub>2</sub>)로 전환되어 대기 중으로 되돌아간다. 탈질산화 작용은 탈질산화 세균에 의해 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이 질소 기체(N<sub>2</sub>)로 전환되는 과정이므로 ㉠은 질소 기체(N<sub>2</sub>), ㉡은 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이다. 질소 고정 세균에 의해 질소 고정이 일어나면 질소 기체(N<sub>2</sub>)는 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)으로 전환된다. 따라서 ㉠은 질소 기체(N<sub>2</sub>), ㉡은 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ㉢은 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이다.

### 06 생태 피라미드

먹이 사슬에서 각 영양 단계에 속하는 생물의 개체 수, 생물량(생체량), 에너지양 등을 하위 영양 단계에서부터 쌓아 올리면 피라미드 형태가 되는데, 이를 생태 피라미드라고 한다. A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자이다. 에너지 효율은 생태계의 한 영양 단계에서 다음 영양 단계로 이동하는 에너지의 비율이다. 따라서 A의 에너지 효율이 30%이므로  $30 = \frac{12}{\text{B의 에너지양}} \times 100$ 이다. 따라서 B의 에너지양인 ㉠은 40이다. 에너지 효율은 A가 C의 3배이므로 C의 에너지 효율은 10%이다. 따라서  $10 = \frac{200}{\text{생산자의 에너지양}} \times 100$ 이 되고 생산자의 에너지양인 ㉡은 2000이다.

㉠. 에너지 피라미드는 하위 영양 단계에서부터 쌓아 올린 생태 피라미드 형태이므로 A는 3차 소비자이다.

✕. ㉠(2차 소비자의 에너지양)은 40이고, ㉡(생산자의 에너지양)은 2000이므로 ㉠과 ㉡의 합은 2040이다.

✕. B(2차 소비자)의 에너지 효율 =  $\frac{\text{B의 에너지양}}{\text{C의 에너지양}} \times 100 = \frac{40}{200} \times 100 = 20\%$ 이다.

### 07 생태계 평형

생태계 평형은 주로 먹이 사슬에 의해 유지되는데, 먹이 사슬이 복잡할수록 평형을 유지하기 쉬우며 안정된 생태계는 먹이 사슬의 어느 단계에서 일시적으로 변동이 나타나도 시간이 지나면 평형이 회복된다. 또한 종 다양성이 높을수록 생태계가 안정적으로 유지된다.

✕. (가)에서 벼는 생산자, 방아깨비는 1차 소비자, 개구리는 2차 소비자, 뱀은 3차 소비자이다.

✕. 백로는 우렁이와 메뚜기를 모두 먹이로 삼고 있다. 따라서 (나)에서 우렁이가 사라져도 백로는 메뚜기를 먹을 수 있으므로 사라지지 않는다.

㉢. 종 다양성이 높을수록 생태계가 안정적으로 유지되므로 종 다양성이 낮은 생태계(가)는 종 다양성이 높은 생태계(나)보다 생태계 평형이 깨지기 쉽다.

### 08 에너지 흐름

생태계 내에서 에너지는 순환하지 않고, 한 방향으로만 흐르며 생물적 요인을 거치면서 열에너지로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다.

㉠. A에서 B로 전달된 에너지양은 50이므로 B에서 C로 전달된 에너지양은 10이다. 따라서 ㉠은 7이다.

✕. C의 에너지 효율은  $\frac{\text{C의 에너지양}}{\text{B의 에너지양}} \times 100$ 이므로  $\frac{10}{50} \times 100 = 20\%$ 이고, B의 에너지 효율은  $\frac{\text{B의 에너지양}}{\text{A의 에너지양}} \times 100$ 이므로  $\frac{50}{1000} \times 100 = 5\%$ 이다. 따라서 에너지 효율은 C가 B의 4배이다.

✕. A의 에너지양은 1000, B의 에너지양은 50, C의 에너지양은 10으로 상위 영양 단계로 갈수록 에너지양은 감소한다.

### 09 생물 다양성

생물 다양성이란 지구의 다양한 환경에 다양한 생물이 살고 있는 것을 의미하며, 생물 다양성의 3가지 의미는 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성을 포함한다.

㉠. 사막, 삼림, 습지, 초원, 호수, 강, 바다 등이 다양하게 나타나는 것은 생태계 다양성(가)에 해당한다.

㉡. 종 다양성(나)이 높으면 다양한 종이 존재하므로 복잡한 먹이 사슬이 형성된다. 따라서 생태계가 안정적으로 유지된다.

㉢. 유전적 다양성(다)은 같은 종으로 이루어진 개체군 내에서 유전자 변이에 의해 개체들의 형질이 다양하게 나타나는 것을 의미한다.

### 10 생물 자원 이용

인간의 생활과 생산 활동에 이용되는 모든 생물을 생물 자원이라

고 한다. 생물 자원은 인간의 의식주, 의약품, 화석 연료 등으로 직접 이용되기도 하고, 지표종이나 관광 자원 등으로 간접 이용되기도 한다.

㉠ (가)는 생물을 이용해 항암제를 개발하는 내용이므로 의약품으로서의 자원적 가치를 나타낸 것이다.

㉡ (나)는 바다에 서식하는 돌고래를 볼 수 있는 관광 상품을 개발하는 내용이므로 관광 자원으로서의 자원적 가치를 나타낸 것이다.

㉢. 남획은 어떤 개체군을 회복할 수 없을 정도로 과도하게 포획하는 것을 의미하며 ㉠(돌고래)을 남획하면 생물 다양성이 증가하지 않는다.

## 11 생물 다양성 보전

서식지 단편화란 어떤 요인들에 의해 서식지가 여러 개로 분할되는 것을 의미한다.

㉠. 서식지 단편화는 서식지 면적을 감소시키고, 생물 이동을 제한하여 고립시킨다. 따라서 그 지역에 서식하는 개체군의 크기를 감소시키며 이를 통해 생물 다양성이 감소하게 된다.

㉡. 서식지 단편화로 인해 서식지 내부에 서식하는 X의 개체 수는 감소하였다.

㉢. 도로 건설로 인해 서식지 단편화가 일어나게 되면 실제로 감소하는 면적은 작다고 하더라도 도로와 접하고 있는 면이 서식지의 가장자리가 되므로 서식지 가장자리의 길이와 면적이 증가하게 된다. 따라서 서식지 내부의 면적은 감소한다.

## 12 생물 다양성 보전

생물 다양성의 보전을 위해 개인적 수준, 사회적 수준, 국가적 수준, 국제적 수준의 노력 방안을 마련하고 적극적으로 실천해야 한다. (가)는 국제적 노력, (나)는 국가적 노력, (다)는 개인적 노력이다.

㉠. (가)는 UN에서 세계 생물 다양성의 날을 지정하여 사람들에게 널리 알리는 것으로 국제적 노력이다.

㉡. (나)는 국가적 노력이며, 국가적 노력의 예로는 산림보호법 제정, 천연 기념물 지정, 멸종 위기종 복원 사업 등이 있다.

㉢. ㉠(재생 종이 사용)은 한 번 사용한 종이를 다시 사용할 수 있도록 만들어 사용하는 것으로 자원을 재활용하는 방법에 해당한다.

## 3점 수능 테스트

본문 197~199쪽

01 ㉢ 02 ㉡ 03 ㉣ 04 ㉤ 05 ㉣ 06 ㉠

## 01 생태 피라미드

에너지 피라미드는 먹이 사슬에서 각 영양 단계에 속하는 생물의 에너지양을 하위 영양 단계에서부터 쌓아 올린 피라미드 형태이다. 따라서 A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자이다. 총생산량이란 생산자가 일정 기간 동안 광합성을 통해 합성한 유기물의 총량이므로 ㉠은 총생산량, ㉡은 호흡량이다. A의 에너지 효율이 30%이므로  $30 = \frac{6}{a} \times 100$ 이고, a는 20이다.

㉢. B의 에너지 효율은  $\frac{20}{100} \times 100 = 20\%$ 이고, C의 에너지 효율은  $\frac{100}{1000} \times 100 = 10\%$ 이므로 에너지 효율은 B가 C의 2배이다.

㉣. 1차 소비자의 호흡량은 생산자의 피식량에 포함된다. 따라서 C의 호흡량은 ㉡(호흡량)에 포함되지 않는다.

㉤. 순생산량은 ㉠(총생산량)에서 ㉡(호흡량)을 제외한 양이다. ㉠에서 ㉡을 제외한 양은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크므로 순생산량은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.

## 02 물질의 생산과 에너지 흐름

에너지는 순환하지 않고 한 방향으로 흐르다가 열에너지로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다. 따라서 생태계는 에너지의 지속적인 유입이 필요하며, 태양의 빛에너지가 생태계에 공급되는 주요 에너지원이다. A는 생산자, B는 1차 소비자, C는 2차 소비자이다. C의 에너지 효율이 15%이므로  $15 = \frac{C\text{의 에너지양}}{B\text{의 에너지양}} \times 100 =$

$\frac{27}{B\text{의 에너지양}} \times 100$ 이므로 B의 에너지양은 180이다. B로부터 C로 전달된 에너지양이 27이므로  $180 = 100 + 27 + \text{㉠}$ 이다. 따라서 ㉠은 53이다. 태양으로부터 A에게 제공된 에너지양은 2000이고 A에서 열로 빠져나간 에너지양이 1520, B로 전달된 에너지양은 180이므로  $2000 = 1520 + 180 + \text{㉡}$ 이다. 따라서 ㉡은 300이다.

㉢. ㉠은 300, ㉡은 53이다. 따라서 ㉠과 ㉡의 합은 353이다.

㉣. 1차 소비자(B)의 에너지 효율은  $\frac{B\text{의 에너지양}}{A\text{의 에너지양}} \times 100 = \frac{180}{2000} \times 100 = 9\%$ 이다.

㉤. ㉢은 분해자로부터 열에너지의 형태로 생태계 밖으로 빠져나간 에너지양이다. 따라서 A~C의 에너지원으로 사용되지 않는다.

### 03 물질 순환

생태계 내에서 물질은 다양한 형태로 전환되면서 순환을 한다. I은 소비자, II는 생산자이다. 탄소(C)는 생명체를 구성하는 유기물의 기본 골격을 이루며, 먹이 사슬을 따라 유기물의 형태로 이동하고, 사체나 배설물의 형태로 분해자에게로 이동한다. 대기 중의 질소 기체(N<sub>2</sub>)는 생산자가 직접 이용할 수 없으므로 미생물이나 공중 방전 등에 의해 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이나 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)의 형태로 전환된 후 먹이 사슬을 따라 이동하다가 탈질산화 작용에 의해 질소 기체(N<sub>2</sub>)로 전환되어 대기 중으로 되돌아간다. ㉠은 미생물에 의한 질소 고정이고 ㉡은 공중 방전에 의한 질소 고정이다. ㉢은 I(소비자)의 호흡을 통해 탄소(C)가 대기로 방출되는 과정이고, ㉣은 질산화 세균에 의해 질산화 작용이 일어나는 과정을 나타낸 것이다.

㉠. ㉠은 I(소비자)의 호흡을 통해 탄소(C)가 CO<sub>2</sub>의 형태로 대기에 방출되는 과정이다.

✕. ㉡은 공중 방전에 의한 질소 고정을 나타낸 것이다. 질소 동화는 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이나 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)의 형태로 생산자에게 흡수되어 질소 화합물로 합성되는 과정을 의미한다.

㉢. ㉠(질소 고정)과 ㉡(질산화 작용)에 모두 세균이 관여한다.

### 04 생태계 평형

생태계 평형은 주로 먹이 사슬에 의해 유지되는데, 먹이 사슬이 복잡할수록 평형을 유지하기 쉬우며 안정된 생태계는 먹이 사슬의 어느 단계에서 일시적으로 변동이 일어나도 시간이 지나면 평형이 회복된다. 또한 종 다양성이 높을수록 생태계가 안정적으로 유지된다. 1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 증가하면 생산자의 개체 수는 감소하고, 1차 소비자의 개체 수는 변화 없으며, 2차 소비자의 개체 수는 증가한다. 따라서 III은 (가)이고, ㉠은 '증가'이다. 그 후 생산자의 개체 수와 2차 소비자의 개체 수는 변화 없고, 1차 소비자의 개체 수는 감소한다. 따라서 I은 (나)이다. 그 후 생산자의 개체 수는 증가하고, 1차 소비자의 개체 수는 변화 없으며, 2차 소비자의 개체 수는 감소된다. 따라서 II는 (다)이다.

㉠. I은 (나)이다.

㉢. III은 (가)이므로 1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 증가하면 2차 소비자의 개체 수는 증가한다. 따라서 ㉠은 '증가'이다.

㉣. 종 다양성이 높을수록 먹이 사슬이 복잡하게 형성되기 때문에 생태계가 안정적으로 유지되고, 먹이 사슬의 어느 단계에서 일시적으로 변동이 일어나도 시간이 지나면 평형이 회복된다.

### 05 생물 다양성

생물 다양성이란 지구의 다양한 환경에 다양한 생물이 살고 있는 것을 의미하며, 생물 다양성의 3가지 의미는 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성을 포함한다.

✕. ㉠은 같은 종으로 이루어진 나비 개체군 내에서 유전자 변이에 의해 개체들의 날개 무늬 형질이 다양하게 나타나는 것이기 때문에 생물 다양성의 3가지 의미 중 유전적 다양성에 해당한다.

㉠. ㉠은 생물 자원의 이용 중 의약품으로서의 생물 자원으로 이용된다.

㉢. X는 Y의 옆에만 알을 낳고 애벌레는 Y의 알을 먹고 자라기 때문에 Y의 개체 수가 감소하면 X는 알을 낳을 알을 찾지 못해 알을 낳지 못하게 되므로 X의 개체 수도 감소하게 된다.

### 06 생물 다양성 보전

서식지 단편화란 어떤 요인들에 의해 서식지가 여러 개로 분할되는 것을 의미한다.

㉠. 서식지 단편화는 서식지 가장자리에 비해 서식지 내부의 면적이 줄어들게 되므로 서식지 내부에 서식하는 종에게 더 큰 영향을 미친다. 종 ㉠은 서식지 단편화 이후 충분한 서식 면적을 확보하지 못해 사라지게 되었다.

✕. 서식지 단편화가 일어나기 전에는 ㉠~㉣이 모두 서식지 내부에서 살아가고 있었지만 서식지 단편화 이후 서식지 내부 면적이 상대적으로 넓은 A에서는 종 ㉢과 종 ㉣이 발견되었고, 서식지 내부 면적이 A보다 좁은 B에서는 종 ㉢만 발견되었다. 따라서 종 ㉣이 종 ㉢보다 좁은 서식지에서 살기에 적합하다.

✕. 어떤 서식지의 면적이 400 ha에서 200 ha가 되면 보전되는 면적은 50 %이므로 그 서식지에 처음에 있던 종의 90 %가 살아 남는다.