

수능특강

과학 탐구 영역
생명과학 I

정답과
해설

01 생명 과학의 이해

수능 2점 테스트

본문 12~14쪽

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

01 생물의 특성

히리케인이 발생하는 서식 환경에서 긴 앞다리와 넓은 발바닥 빨판은 도마뱀 A의 생존과 번식에 유리한 형질이므로 ㉠은 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

㉡ 아메바가 분열법으로 번식하는 것은 생식과 유전의 예에 해당한다.

㉢ 달같이 병아리를 거쳐 닭이 되는 것은 발생과 생장의 예에 해당한다.

㉣ 식물의 광합성은 물질대사의 예에 해당한다.

㉤ 뜨거운 물체에 닿은 손을 반사적으로 떼는 것은 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.

㉥ 팽귤이 물속에서 빠른 속도로 움직이는 데 적합한 유선형의 몸을 갖는 것은 적응과 진화의 예에 해당한다.

02 생물의 특성

㉠ 생물체 내에서 일어나는 화학 반응은 물질대사이다. 딱정벌레 X의 애벌레가 유기물을 분해하여 얻는 에너지를 방출하는 과정 ㉠에서 물질대사가 일어난다.

㉡ X의 유생인 애벌레가 발생과 성장을 통해 성충이 되는 과정 ㉡에서 세포 분열이 일어난다.

㉢ X의 애벌레의 먹이가 흰개미이므로 X의 애벌레는 흰개미의 포식자이다.

03 생물의 특성

㉠ 산호는 동물이므로 생태계의 구성 요소 중 생물적 요인에 해당한다.

㉡ 피그미해마는 크기는 작지만 다세포 생물이다.

㉢ 피그미해마가 서식처인 주변 산호와 형태 및 색깔이 흡사하여 ㉢ 포식자에게 쉽게 발견되지 않는 것은 적응과 진화의 예에 해당한다.

04 생물의 특성

㉠ 확산(㉠)은 물질이 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하는 물리적 현상이므로 물질대사에 해당하지 않는다.

㉡ 수컷이 신호 물질 X의 자극을 감지하여 암컷이 있는 곳으로

날아가는 반응을 하는 것(㉡)은 자극에 대한 반응의 예에 해당한다. ㉢ 미량의 신호 물질 X를 감지하는 데 적합한 형태의 안테나는 수컷의 번식에 유리한 형질이므로 ㉣은 적응과 진화의 예에 해당한다.

05 생물의 특성

㉠ 완두에서 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 과정인 수정(㉠)을 통해 생물의 특성 중 생식과 유전이 나타난다.

㉡ (다)에서 완두 종자가 성체로 자라는 과정에서 생물의 특성 중 발생과 생장이 나타난다.

㉢ 돌연변이를 고려하지 않을 때 보라색 꽃 완두 A와 B 사이에서 흰색 꽃의 개체가 태어났으므로 흰색 꽃은 열성 형질임을 알 수 있다. 따라서 A와 B는 모두 열성인 흰색 꽃 형성에 관여하는 유전자를 갖는다.

06 생물의 특성

㉠ 바이러스(㉠)는 숙주 세포 안에서만 물질대사를 할 수 있고, 스스로 물질대사를 할 수 없다.

㉡ 구간 I과 II에서 각각 바이러스(㉠)와 세균(㉡)의 증식이 일어났으므로 I과 II에서 모두 유전 현상이 나타난다.

㉢ 구간 II에서 세균(㉡)의 세포 분열이 일어나 세균(㉡)의 수가 증가하였다.

07 바이러스

㉠ 박테리오파지(가)는 감염 과정에서 숙주 세포 안으로 핵산을 주입하고, 단백질 껍질은 주입하지 않는다.

㉡ 박테리오파지(가)에서 단백질 껍질(㉡)의 성분인 단백질의 기본 단위는 아미노산이다. 코로나19 바이러스(나)에서 유전 물질(㉢)의 성분인 핵산의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

㉢ 코로나19 바이러스(나)는 단백질 껍질 속에 핵산이 들어 있는 구조이며 세포 구조로 되어 있지 않다.

08 생물의 특성

㉠ 담배모자이크병은 병원체 X에 의해 나타나는 질병이므로 감염성 질병에 해당한다.

㉡ 과정 ㉡에서 여과된 추출액을 문질렀을 때 건강한 식물이 X에 감염되었으므로 X는 세균 여과기를 통과할 정도로 작은 바이러스이다.

㉢ 바이러스인 X는 숙주인 식물 세포 안에서 증식한다.

09 생명 과학의 탐구 방법

소나무가 토양 속 무기염류를 흡수하는 데 세균 X가 도와줄 것이라고 생각한 (라)는 가설 설정에 해당한다. 소나무 화분 A와 B를 이용하여 세균 X의 첨가 여부에 따라 대조 실험을 수행한 (다)는

탐구 설계 및 수행에 해당한다. 대조 실험의 결과를 확인한 (가)는 결과 정리 및 분석에 해당한다. 탐구 결과에 따라 결론을 내린 (나)는 결론 도출에 해당한다.

㉔ 연역적 탐구 과정은 관찰 및 문제 인식 → 가설 설정(라) → 탐구 설계 및 수행(다) → 결과 정리 및 분석(가) → 결론 도출(나)의 순서로 이루어진다.

10 생명 과학의 탐구 방법

㉑ 합성 세계 용액을 넣은 A를 실험군, 물을 넣은 C를 대조군으로 하여 합성 세계 성분이 무씨 발아에 미치는 영향을 확인하고, 묽은 황산 용액을 넣은 B를 실험군, 물을 넣은 C를 대조군으로 하여 묽은 황산 용액이 무씨 발아에 미치는 영향을 확인하고 있으므로 대조 실험이 수행되었다.

✕ 이 탐구에서 싹이 튼 무씨의 비율은 종속변인이다. 독립변인에는 조작 변인과 통제 변인이 포함되며, A~C에 각각 넣어준 용액의 종류는 조작 변인이고, 무씨의 총개수, 온도 등은 통제 변인이다.

✕ (라)의 결과를 통해 합성 세계와 묽은 황산은 모두 무씨의 발아를 억제하였음을 알 수 있다.

11 생명 과학의 특성

㉑ 동물인 유리해면(가)은 생태계의 구성 요소 중 생물적 요인에 해당한다.

㉒ 생물인 유리해면(가)에서 동화 작용을 비롯한 물질대사가 일어난다.

㉓ (나)는 스페인의 건축가 가우디의 대표작인 사그라다 파밀리아 성당으로 유리해면의 구조와 특징을 모방하여 만든 생체 모방 건축물에 해당한다.

12 생명 과학의 특성

㉑ 어떤 세균이 생분해성 바이오플라스틱을 합성하는 물질대사 과정(㉑)에서 효소가 이용된다.

㉒ 세균이 생산한 생분해성 바이오플라스틱을 이용하여 생활용품을 생산하는 것은 생명 과학과 공학을 연계한 사례에 해당한다.

㉓ (나)의 과정에서 미분화 상태의 유도 만능 줄기세포(㉑)가 심장 근육 세포로 분화되어 심장 근육이 재생된다.

수능 3점 테스트

본문 15~17쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ② 05 ① 06 ④

01 생물의 특성

㉑ 짙신벌레는 하나의 세포로 이루어진 단세포 생물이다.

㉒ (가)와 (나)에서 모두 삼투에 의해 물이 세포 내부로 유입되는데, (가)에서는 유입된 물에 의해 적혈구 세포막이 터지는 용혈 현상이 나타나고, (나)에서는 수축포를 통한 물의 배출이 일어나 짙신벌레의 크기가 일정하게 유지된다.

㉓ (나)는 짙신벌레에서 삼투에 의한 물의 유입과 수축포를 통한 물의 배출이 동시에 일어나 세포의 크기 및 세포질의 농도가 일정하게 유지되는 현상으로 (나)는 생물의 특성 중 항상성의 예에 해당한다.

02 생명 과학의 특성

㉑ 피보나치 수열의 정의에 따르면 ㉑은 21(=8+13), ㉒은 34(=13+21), ㉓은 55(=21+34)이다.

㉒ 해바라기꽃에서 씨앗들이 시계 방향과 반시계 방향으로 촘촘히 배열되어 형성한 나선 수의 규칙성을 이해하는 데 수학적 원리가 이용될 수 있다.

✕ 규칙적인 형태를 이루는 것은 생물만이 아닌 비생물도 가질 수 있는 특성이다.

03 생명 과학의 탐구 방법

✕ 생쥐 P의 털색은 적응과 진화의 결과로 유전 정보에 의해 결정되는 형질이며, 한 개체의 서식지를 일시적으로 바꾸더라도 털색이 변하지 않는다. 따라서 P의 개체군이 서식지에 따라 서로 다른 털색을 갖는 것(㉑)은 자극에 대한 반응의 예가 아닌 적응과 진화의 예에 해당한다.

㉑ P가 서식지와 유사한 털색을 가질수록 포식자로부터 공격을 덜 받는다. 따라서 흰색 모형이 공격을 많이 받은 ㉑은 갈색 토양이 있는 내륙 A이고, 갈색 모형이 공격을 많이 받은 ㉒은 흰색 모래가 있는 해변 B이다.

✕ 자연 상태에서 흰색 모래가 있는 해변 B에는 흰색 털을 갖는 개체가 서식하므로 해변 B(㉒)에 설치한 흰색 모형은 대조군, 갈색 모형은 실험군에 해당한다.

04 생명 과학의 탐구 방법

✕ 해충 창궐 전의 숲 생태계 F는 총생산량이 호흡량보다 많으므로 ㉑은 탄소 저장고이고, 해충 창궐 후의 F는 총생산량이 호흡량보다 적으므로 ㉒은 탄소 공급원이다.

✕ 이 탐구에서 종속변인은 F의 총생산량과 호흡량이고, 해충의 창궐 여부는 조작 변인에 해당한다.

㉔. (나)의 결과를 바탕으로 해충의 창궐로 인해 F가 이산화 탄소를 방출하여 대기 중 이산화 탄소 농도가 증가하고 지구 온난화에 영향을 줄 것이라고 예측할 수 있다.

05 생명 과학의 탐구 방법

㉑. 포도당은 일반적으로 세포의 에너지원이며, A에서 기니피그의 적혈구가 포도당을 흡수하였으므로 생후 15일 된 기니피그의 적혈구에서 포도당이 에너지원으로 이용될 수 있음을 알 수 있다.

✕. 이 탐구에서 조작 변인은 기니피그의 성숙 정도이고, 종속 변인은 적혈구 내 방사성 포도당의 농도이다.

✕. (라)에서 A의 적혈구가 B의 적혈구보다 방사성 포도당의 흡수율이 더 높으므로 (가)의 가설과 일치하는 결과가 나왔다.

06 생명 과학의 탐구 방법

㉑. 구역 ㉑~㉔ 모두 인산을 첨가하거나 아무것도 첨가하지 않은 배양액에 비해 암모니아를 첨가한 배양액에서 식물성 플랑크톤의 개체군 밀도가 높게 나타났다. 암모니아의 구성 원소인 질소는 단백질과 핵산의 구성 원소이므로 식물성 플랑크톤의 생장에 필요한 원소에 질소가 포함된다.

✕. ㉑의 물을 나누어 담은 배양액 3개 중 아무것도 첨가하지 않은 배양액은 대조군, 암모니아나 인산을 첨가한 배양액은 각각 실험군에 해당한다. 따라서 인산의 첨가 여부는 조작 변인에 해당하고, 배양액의 양이나 온도 등이 통제 변인에 해당한다.

㉑. 암모니아를 첨가한 배양액에서 식물성 플랑크톤의 개체군 밀도가 높게 나타난 (라)의 결과를 바탕으로 다량의 암모니아를 포함한 폐수가 A의 바다에 유입되면 식물성 플랑크톤의 이상 증식을 유발할 것이라고 예측할 수 있다.

02 생명 활동과 에너지

수능 2점 테스트

본문 22~24쪽

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ㉔ | 02 ㉕ | 03 ㉓ | 04 ㉓ | 05 ㉓ | 06 ㉕ |
| 07 ㉕ | 08 ㉔ | 09 ㉓ | 10 ㉕ | 11 ㉕ | 12 ㉑ |

01 물질대사

㉔. 생물이 생명 활동을 유지하기 위해서는 에너지(㉑)가 필요하다. 생물에서는 에너지(㉑)를 얻기 위해 다양한 물질대사(㉒)가 일어난다. 물질대사(㉒)는 생물체 내에서 일어나는 화학 반응으로, 합성 반응과 분해 반응이 있다.

02 물질대사

단백질이 아미노산으로 분해되는 과정 (가)는 이화 작용이고, 간단하고 작은 물질인 아미노산이 복잡하고 큰 물질인 단백질로 합성되는 과정 (나)는 동화 작용이다.

㉑. (가)는 이화 작용, (나)는 동화 작용이다.

㉒. 동화 작용(나)은 에너지가 흡수되는 반응이다.

㉓. 포도당이 결합하여 글리코젠으로 합성되는 것은 간단하고 작은 물질이 복잡하고 큰 물질로 합성되는 과정이므로 동화 작용 (나)의 예에 해당한다.

03 효모의 물질대사

효모는 산소가 없을 때 포도당을 이용해 발효를 하므로 (가)에서 이산화 탄소가 생성된다. 이산화 탄소는 수산화 칼륨과 반응하여 제거된다.

㉑. 포도당과 효모액을 넣은 후, 솜으로 막아 놓은 (가)의 발효관에 있는 효모에서 이화 작용이 일어난다.

㉒. 수산화 칼륨 수용액을 넣으면 기체 ㉑의 부피가 감소하므로 ㉑은 이산화 탄소이다.

✕. 수산화 칼륨 수용액을 넣으면 맹관부에 있는 이산화 탄소(㉑)의 부피가 감소한다. ㉓는 생물체 내에서 일어나는 화학 반응이 아니므로 물질대사에 해당하지 않는다.

04 세포 호흡

㉑은 이산화 탄소(CO₂)이다.

㉒. 이산화 탄소(CO₂, ㉑)는 호흡계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

✕. 세포 호흡 과정에서 방출된 에너지 중 일부가 ATP에 저장된다.

㉓. ATP(㉓)은 에너지 저장 물질로, 근육 수축 과정에는 ATP(㉓)에 저장된 에너지가 사용된다.

EBS

05 물질대사

A는 광합성, B는 세포 호흡, ㉠은 산소, ㉡은 이산화 탄소이다.

㉠. A에서 간단하고 작은 물질인 물과 이산화 탄소(㉡)가 복잡하고 큰 물질인 포도당으로 합성되므로 A는 광합성이고, 광합성(A)은 엽록체에서 일어난다.

✗. 산소(㉠)의 구성 원소에는 탄소(C)가 포함되지 않는다.

㉢. 세포 호흡(B)에서 ATP가 합성되는 과정 ㉣(ADP+P_i → ATP)가 일어난다.

06 세포 호흡

I은 포도당, II는 산소, III은 이산화 탄소, IV는 물이다. ㉠은 ATP, ㉡은 ADP이다.

㉠. 소장에서 포도당(I)이 체내로 흡수된다.

㉢. 물(IV)은 호흡계와 배설계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

㉡. ㉠은 ATP이다.

07 물질대사

(가)와 (다)에서는 동화 작용이, (나)에서는 이화 작용이 일어난다.

㉠. X에서 광합성과 세포 호흡이 모두 일어나므로 X에는 엽록체와 미토콘드리아가 모두 있다.

㉢. (가)와 (다) 모두에서 동화 작용이 일어나므로 (가)와 (다) 모두에서 에너지가 흡수된다.

㉡. (가)~(다) 모두에서 효소가 이용된다.

08 세포 호흡

㉠은 산소, ㉢은 이산화 탄소이다.

✗. ㉢은 이산화 탄소이다.

㉡. 미토콘드리아에서 일어나는 세포 호흡에서 ATP 합성 과정(㉠)이 일어난다.

㉢. ATP 분해 과정(㉡)에서 인산 결합이 끊어진다.

09 물질대사

㉠은 ATP, ㉡은 ADP이고, 과정 (가)는 세포 호흡이다.

㉠. 세포 호흡 과정 (가)에 미토콘드리아가 관여한다.

㉢. 생장이 일어날 때, 과정 (나)에서 방출된 에너지가 이용된다.

✗. 1분자당 에너지량은 ADP(㉡)가 ATP(㉠)보다 적다.

10 세포 호흡

㉠은 산소, ㉢은 이산화 탄소이다.

✗. ㉠은 산소이다.

㉢. 이산화 탄소(㉢)는 호흡계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

㉡. 세포 호흡 과정에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장된다.

11 ATP

X는 ATP이다.

㉠. X에는 아데노신과 2개의 고에너지 인산 결합이 포함되어 있으므로 X는 ATP이다.

㉢. 아데노신(㉠)은 아데닌과 리보스로 구성된다.

㉡. 뉴런에서 흥분의 전도 과정은 생명 활동(㉡)에 해당한다.

12 효모의 물질대사 실험

효모는 당 함량이 높을수록 물질대사를 활발히 하므로 물질대사 결과 발생하는 이산화 탄소량이 많다.

㉠. (가)는 탐구 과정 중 가설 설정 단계에 해당한다.

✗. 효모액의 양은 통제 변인이다.

✗. 당 함량은 음료수 A가 음료수 B보다 낮다.

수능 3점 테스트

본문 25~27쪽

01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ② 05 ② 06 ①

01 세포 호흡

㉠은 포도당, ㉡은 산소, ㉢은 이산화 탄소, ㉣은 물이다. ㉢은 ATP, ㉣은 ADP이다.

㉡. 물(㉣)은 배설계와 호흡계를 통해 몸 밖으로 배출된다.

✗. 포도당(㉠)의 구성 원소에는 수소(H)가 포함되어 있지만 이산화 탄소(㉢)의 구성 원소에는 수소(H)가 포함되어 있지 않다.

✗. ATP(㉡)에서 인(P)의 수는 3이고, 고에너지 인산 결합의 수는 2이다. ADP(㉣)에서 인(P)의 수는 2이고, 고에너지 인산 결합의 수는 1이다. 1분자당 $\frac{\text{인(P)의 수}}{\text{고에너지 인산 결합의 수}}$ 는 ATP(㉡)

가 $\frac{3}{2}$, ADP(㉣)가 $\frac{2}{1}$ 이므로 ㉡가 ㉣보다 작다.

02 물질대사

물질대사는 생물체 내에서 일어나는 화학 반응으로 이 과정에는 효소가 관여한다.

㉠. 효소는 물질대사(㉠)에 이용된다.

㉢. 대식세포가 식세포 작용으로 병원체를 분해하는 것은 이화 작용(㉢)의 예에 해당한다.

✗. 제시한 내용이 옳은 학생은 A와 B 모두이다.

03 생명 활동과 ATP

ATP는 아데닌과 리보스에 3개의 인산이 결합한 화합물로 ATP가 ADP와 무기 인산(P_i)으로 분해될 때 에너지가 방출된다.

- ㉠ 인슐린 합성 과정(다)에서는 동화 작용이 일어나므로 에너지가 흡수된다.
- ㉡ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 이온의 이동(가)과 근육의 떨림에 의한 열의 발생(나)에는 ATP가 ADP와 무기 인산(P_i)으로 분해되는 과정(㉠)에서 방출된 에너지가 사용된다.
- ㉢ 세포 호흡에서 방출된 에너지의 일부는 과정 ㉡에 이용된다.

04 체온 조절과 에너지양

- A와 B는 체온 조절에 에너지를 사용하므로 A와 B는 외부 온도와 상관없이 체온이 일정하게 유지되는 동물(㉠)이고, C는 외부 온도에 따라 체온이 변하는 동물(㉡)이다.
- ㄱ. A와 B는 체온 조절에 에너지를 사용하고, C는 체온 조절에 에너지를 사용하지 않으므로 C는 외부 온도에 따라 체온이 변하는 동물(㉡)이다.
 - ㄴ. A와 C는 몸무게가 같으나, 1년 동안 사용한 전체 에너지양은 A가 C보다 많다. 그러므로 1년 동안 사용한 전체 에너지양은 몸무게에 비례하지 않는다.
 - ㉠ A가 1년 동안 체온 조절에 사용한 에너지양은 B가 1년 동안 사용한 전체 에너지양보다 많다.

05 효모의 물질대사 실험

- I의 효모액은 ㉠ mL, II의 포도당 수용액은 ㉠ mL이므로 I과 II는 각각 C와 D 중 하나이고, A는 III, B는 IV이다. ㉠은 0, ㉡은 15, ㉢은 5이다.
- ㄱ. ㉠+㉢=5이다.
 - ㉠ B는 IV이다.
 - ㄴ. 이화 작용 과정에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열에너지로 방출된다. III(A)의 용액에서는 이화 작용이 일어나고, I(C 또는 D)의 용액에서는 이화 작용이 일어나지 않는다. 그러므로 t₁일 때 III의 용액은 I의 용액보다 온도가 높다.

06 발아 중인 콩의 물질대사

- (가)는 발아 중인 콩이 든 시험관, (나)는 삶은 콩이 든 시험관이다. ㉠은 산소이고, 일정은 ㉡에 해당한다.
- ㉠ (가)는 발아 중인 콩이 든 시험관이다.
 - ㄱ. 세포 호흡 과정에서 산소가 소모되고 이산화 탄소가 발생하므로 ㉠은 산소이다.
 - ㄴ. (나)는 삶은 콩이 든 시험관으로 물질대사가 일어나지 않아 온도 변화가 없으므로 상승은 ㉡에 해당하지 않는다.

03 물질대사와 건강

수능 2점 테스트

본문 33~35쪽

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

01 기관계의 통합적 작용

- ㄱ. 영양소의 소화와 흡수가 일어나는 ㉠은 소화계, 산소를 흡수하는 ㉡은 호흡계, 산소와 노폐물을 비롯한 여러 물질을 운반하는 ㉢은 순환계이고, 나머지 ㉣은 배설계이다.
- ㉠ 심장, 혈관 등은 순환계(㉢)에 속하는 기관이다.
- ㉡ 글리코젠의 합성과 분해가 일어나는 간은 소화계(㉠)에 속한 기관이다.

02 기관계의 통합적 작용

- A는 폐, B는 심장, C는 간, D는 콩팥이다.
- ㉠ 폐(A)에서 흡수된 물질 중 산소의 일부가 심장(B)에서 세포 호흡에 사용된다.
 - ㉡ 단백질의 분해 과정에서 암모니아가 생성되며, 간(C)에서 암모니아가 독성이 약한 요소로 전환된다.
 - ㄱ. 간(C)은 소화계에 속하고, 콩팥(D)은 배설계에 속한다.

03 노폐물의 생성과 배설

- ㉠이 전환되어 ㉡이 생성되므로 ㉠은 암모니아, ㉡은 요소이고, ㉢은 물이다. 물질대사 결과 암모니아(㉠)가 생성되는 A는 단백질이고, B는 지방이다.
- ㄱ. A는 단백질, B는 지방이다.
- ㄴ. 폐에서 이산화 탄소와 물(㉢)이 모두 배출되고 요소(㉡)는 배출되지 않는다. 콩팥에서 생성된 오줌을 통해 요소(㉡)와 물(㉢)이 배출된다.
- ㉠ 지방(B)의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이고, 암모니아(㉠)의 구성 원소는 질소(N), 수소(H)이다.

04 호흡계

- ㄱ. 폐포 주위의 모세 혈관에서 혈액이 이동하면서 기체 교환이 일어남에 따라 혈액의 단위 부피당 ㉠의 양은 증가하고 ㉡의 양은 감소하므로 ㉠은 O₂, ㉡은 CO₂이다.
- ㉠ O₂(㉠)는 적혈구의 헤모글로빈에 결합하여 운반된다.
- ㉡ 조직 세포에서 세포 호흡이 일어나면 O₂(㉠)는 소비되고 CO₂(㉡)는 생성된다.

05 배설계

- ㉠ 콩팥의 오줌 생성 과정에서 배설계로 여과된 물질이 순환계인 혈관으로 재흡수되는 과정인 ㉠의 이동에 물, 포도당 등이 포함된다.
- ㉡ 오줌에 있는 요소는 질소를 포함한 노폐물이다.
- ㉢ 혈액 속의 요소는 콩팥에서 걸러져 오줌의 일부로 배설된다. 요소의 농도는 콩팥에 연결된 정맥의 혈액(d_1)에서가 오줌(d_2)에서보다 낮다.

06 배설계

- ㉣ I을 통해 요소 용액은 중성임을 알 수 있다. III에서는 끓인 콩즙의 효소가 변성되어 효소 반응이 일어나지 않으므로 끓인 콩즙은 산성이다. 따라서 II에 넣기 전의 생콩즙도 산성이며, II에서는 생콩즙의 효소에 의해 효소 반응이 일어나 액성이 염기성으로 변화하였음을 알 수 있다.
- ㉤ 증류수를 넣은 대조군 I의 용액은 중성이고, 생콩즙을 넣은 실험군 II의 용액은 염기성인 것을 통해 t 동안 II에서 요소가 분해되어 염기성인 암모니아가 생성되었음을 알 수 있다.
- ㉥ III에서 요소 분해 반응이 일어나지 않은 것은 끓인 콩즙에서 열에 의해 요소 분해 효소가 변성되었기 때문이다. 이를 통해 요소 분해 효소의 구성 성분에는 열에 약한 단백질이 포함되어 있음을 알 수 있다.

07 기관계의 통합적 작용

- ㉦ O_2 와 CO_2 가 출입하는 A는 호흡계, 영양소의 소화는 일어나는 B는 소화계, 여러 기관계를 연결하는 C는 순환계, 오줌을 배출하는 D는 배설계이다.
- ㉧ 조직 세포에서 아미노산이 분해되어 생성된 암모니아는 혈액을 통해 간으로 운반되어 독성이 약한 요소로 전환된다. 따라서 순환계(C)에서 소화계(B)로의 이동(㉧)에는 질소 노폐물인 암모니아의 이동이 포함된다.
- ㉨ 서로 다른 기관계인 호흡계(A)와 소화계(B)를 연결하여 통합적 작용이 원활하게 이루어지도록 하는 것은 순환계(C)의 역할이다.

08 대사성 질환

- ㉩ 체내 물질대사 이상으로 인한 높은 혈압, 높은 혈당, 비만, 이상 지질 혈중 등의 증상이 한 사람에게서 동시에 나타나는 것을 대사 증후군(㉩)이라고 하고, 대사 증후군은 대사성 질환(㉪)으로 발전할 가능성이 높다.
- ㉫ 혈당량이 정상보다 높아 오줌 속에 포도당이 섞여 나오는 것은 당뇨병(㉫)의 증상에 해당한다.
- ㉬ 고혈압(㉬)은 혈압이 정상보다 높아 심혈관 질환 및 뇌혈관 질환의 원인이 될 수 있다.

09 체질량 지수

- ㉭ 체질량 지수가 26.0인 사람은 비만 1단계에 해당한다.
- ㉮ 몸무게가 50 kg이고 키가 1.5 m인 사람의 체질량 지수는 약 $22.2\left(\approx \frac{50}{(1.5)^2}\right)$ 이므로 정상 체중에 해당한다.
- ㉯ 비만 3단계인 사람은 정상 체중인 사람보다 고혈압, 고지혈증, 심혈관 질환 등의 대사성 질환을 나타낼 가능성이 높다.

10 에너지 섭취량과 소비량

- ㉺ (가)는 에너지 소비량이 섭취량보다 많으므로 에너지 부족 상태에 해당하고, (나)는 에너지 섭취량이 소비량보다 많으므로 에너지 과잉 상태에 해당한다.
- ㉻ (가)의 에너지 부족 상태가 지속되면 A는 몸에 저장된 지방이나 단백질을 분해하여 에너지를 얻고 체중이 감소한다.
- ㉼ (나)의 에너지 과잉 상태가 지속되면 B는 사용하고 남은 에너지를 체내에 축적해서 비만이 될 수 있다.

11 에너지 섭취량과 소비량

- ㉽ t 동안 A의 체지방량이 증가한 것을 통해 A가 많은 양의 먹이를 섭취하여 체중이 증가하였을 것이라고 추측할 수 있다.
- ㉾ t 동안 B의 체지방량이 감소한 것을 통해 B가 적은 양의 먹이를 섭취하였고, 몸에 저장된 영양소를 세포 호흡을 통해 분해하였을 것이라고 추측할 수 있다.
- ㉿ 많은 양의 먹이를 섭취한 동물은 A이고, 적은 양의 먹이를 섭취한 동물은 B이다.

12 에너지 대사량

- ㊱ 가만히 잠자고 있을 때에도 체온 조절, 심장 박동, 혈액 순환, 호흡 활동과 같은 생명 현상을 유지하기 위한 최소한의 에너지 소비가 일어난다.
- ㊲ 기초 대사량을 제외한 다양한 활동에 소모되는 에너지량이 활동 대사량이므로 기초 대사량은 활동 대사량에 포함되지 않는다.
- ㊳ 성별, 나이, 체질 및 활동의 종류, 시간, 강도 등은 하루 동안 생활하는 데 필요한 총에너지량인 1일 대사량에 영향을 미치는 요인에 해당한다.

수능 3점 테스트

본문 36~39쪽

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

01 기관계의 통합적 작용

- ㉠. 폐에서 기체 교환이 일어나므로 단위 부피당 O_2 의 양은 폐를 통과하기 전인 ㉡의 혈액이 폐를 통과한 후인 ㉢의 혈액보다 적다.
- ㉡. 식사 후 소장에서 영양소가 흡수되어 ㉢의 혈당량이 증가하면 간에서 포도당을 글리코젠으로 전환함으로써 ㉢의 혈당량을 일정하게 유지시킨다. 따라서 구간 I 동안 혈당량은 ㉢의 혈액이 ㉢의 혈액보다 낮다.
- ㉢. 간에서 암모니아가 요소로 전환되고 혈액의 요소 중 일부는 콩팥을 통해 오줌으로 배설되므로 단위 부피당 요소의 양은 간을 통과한 후인 ㉢의 혈액이 콩팥을 통과한 후인 ㉢의 혈액보다 많다.

02 소화계

- ㉠. 녹말의 분해 산물인 ㉠은 포도당이고, 지방의 분해 산물인 ㉡은 지방산이다.
- ㉢. 지방은 소화 효소인 라이페이스에 의해 지방산(㉢)과 모노글리세리드로 분해된다.
- ㉡. A는 모세 혈관, B는 암죽관이다.

03 요소 분해 실험

- ㉡. 콩팥 속 효소 유레이스에 의해 요소가 분해되면 암모니아(㉠)와 이산화 탄소 가 생성된다. 아미노산은 ㉡에 해당하지 않는다.
- ㉢. 초록색인 I의 오줌은 중성, 노란색인 II의 콩즙은 산성에 해당하므로 pH는 I의 오줌이 II의 콩즙보다 높다.
- ㉡. III에 용액을 첨가한 직후에는 노란색의 산성이었다가 일정 시간이 지난 후에 파란색의 염기성으로 변화하였으므로 t_1 과 t_2 사이에 pH의 증가와 H^+ 의 농도 감소가 일어났음을 알 수 있다.

04 당뇨병

- ㉠. 인슐린을 주사해도 혈당량이 증가하는 A는 인슐린의 표적 세포가 인슐린에 반응하지 못하는 제2형 당뇨병 환자이다. 인슐린을 주사했을 때 혈당량의 감소가 일어나는 B는 제1형 당뇨병 환자이다.
- ㉢. 체내 물질대사 장애에 의해 발생하는 대사성 질환에는 당뇨병, 고혈압, 고지혈증 등이 있다.
- ㉢. 탄수화물을 섭취한 후 인슐린을 주사하였으므로 구간 I 동안 제1형 당뇨병 환자(B)의 간에서 포도당이 글리코젠으로 전환되었다.

05 순환계

- ㉠. (가)의 어류의 순환계에서는 심장에서 나온 혈액이 아가미와 온몸의 모세 혈관을 모두 거친 후에 심장으로 돌아온다. (나)의 포유류의 순환계에서는 심장에서 나온 혈액이 폐(또는 온몸)의 모세 혈관을 거치고 심장으로 돌아온 후, 다시 심장에서 나온 혈액이 온몸(또는 폐)의 모세 혈관을 거치고 심장으로 돌아온다.

㉢. 순환계는 심장, 혈관 등으로 구성되며, 혈관을 따라 혈액이 순환하면서 영양소와 산소, 노폐물 등을 운반한다.

㉡. (가)에서는 지점 d_1 과 d_2 사이에 아가미 모세 혈관이 있고, (나)에서는 지점 d_3 과 d_4 사이에 모세 혈관이 없다. 심장에서 나온 혈액은 모세 혈관을 거치면서 혈압이 급격히 낮아지므로

$\frac{\text{지점 } d_1 \text{의 혈압}}{\text{지점 } d_2 \text{의 혈압}} > \frac{\text{지점 } d_3 \text{의 혈압}}{\text{지점 } d_4 \text{의 혈압}}$ 보다 크다.

06 대사성 질환

- ㉠. 지질은 중성 지방, 인지질, 스테로이드로 구분되며, 스테로이드에 콜레스테롤이 속한다.
- ㉡. (가)에서 고콜레스테롤혈증 환자의 비율은 50대, 60대, 70대 모두 남자에서가 여자에서보다 낮다.
- ㉢. (가)에서 연령대가 높을수록 고콜레스테롤혈증 환자의 비율이 높으므로 이 지역에서 70대인 사람은 30대인 사람보다 혈액 속 콜레스테롤이 혈관벽에 쌓여 혈액의 흐름을 방해하는 증상(나)을 나타낼 확률이 높다.

07 호흡계

- ㉡. ㉠의 분압은 날숨에서가 들숨에서보다 낮고 ㉢의 분압은 날숨에서가 들숨에서보다 높으므로 ㉠은 O_2 , ㉢은 CO_2 이다.
- ㉡. O_2 (㉠)의 분압이 혈액 A가 혈액 B보다 높으므로 단위 부피당 O_2 의 양은 혈액 A가 혈액 B보다 많다.
- ㉢. 조직 세포에서 발생한 CO_2 (㉢)은 순환계인 혈액을 통해 운반되어 호흡계로 이동한다.

08 에너지의 균형

- ㉡. 1일 대사량은 하루 동안 생활하는 데 필요한 총에너지양이다. 생명 현상을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양은 기초 대사량이다.
- ㉢. B는 평균 1일 에너지 섭취량이 $2700(=700+1300+700)$ kcal이고, 에너지 소비량에 해당하는 평균 1일 대사량이 2700 kcal이므로 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 균형을 이루고 있다.
- ㉡. A는 평균 1일 에너지 섭취량이 $2000(=900+600+500)$ kcal이고, 평균 1일 대사량이 2300 kcal이므로 현재와 같은 상태가 지속되면 체중이 감소한다. C는 평균 1일 에너지 섭취량이 $3000(=1200+800+1000)$ kcal이고, 평균 1일 대사량이 2600 kcal이므로 현재와 같은 상태가 지속되면 체중이 증가한다.

04 자극의 전달

수능 2점 테스트

본문 48~51쪽

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

01 뉴런의 구조

㉠은 가지 돌기, ㉡은 신경 세포체, ㉢은 말미집이다.

ㄱ. X의 가지 돌기(㉠)는 다른 세포로부터 신호를 받아들이고, 축삭 돌기는 다른 세포로 신호를 전달한다.

㉣. 핵, 미토콘드리아 등이 있는 신경 세포체(㉡)에서 세포 호흡이 일어나 ATP가 생성된다.

㉤. 말미집(㉢)은 세포막을 갖는 슈반 세포가 뉴런의 축삭 돌기를 반복적으로 감아 형성된 구조이다.

02 뉴런의 종류

ㄱ. (가)는 원심성 뉴런, (나)는 연합 뉴런, (다)는 구심성 뉴런이다.
㉣. 뇌신경, 척수 신경 같은 말초 신경계에 원심성 뉴런(가)과 구심성 뉴런(다)이 있고, 중추 신경계에 연합 뉴런(나)이 있다.

ㄱ. (가)~(다)의 연결 경로에서 흥분은 (다) → (나) → (가) 방향으로 전달되므로 원심성 뉴런(가)에 역치 이상의 자극을 주면 연합 뉴런(나)과 구심성 뉴런(다)에서는 모두 활동 전위가 발생하지 않는다.

03 분극

A는 세포 밖, B는 세포 안이고, ㉠은 K^+ , ㉡은 Na^+ 이다.

㉣. 자극을 받지 않아 휴지 상태인 X에서 일부 K^+ 통로가 열려 있어 세포 안에서 세포 밖으로 K^+ (㉠)의 확산이 일어난다.

ㄱ. ㉠은 K^+ , ㉡은 Na^+ 이다.

㉤. 세포 안에 많이 존재하는 음(-)전하 단백질은 세포 안이 상대적으로 음(-)전하를, 세포 밖이 상대적으로 양(+전하를 띠게 하여 휴지 전위가 음(-)의 값을 나타내는 데 영향을 미친다.

04 탈분극

㉠은 $Na^+ - K^+$ 펌프, ㉡은 Na^+ 통로, ㉢은 K^+ 통로이다.

㉣. $Na^+ - K^+$ 펌프(㉠)를 통해 Na^+ 과 K^+ 이 능동 수송될 때 ATP가 사용된다.

㉤. 분극 상태의 X에서 닫혀 있던 Na^+ 통로(㉡)가 열리면서 탈분극이 일어나고, 탈분극이 일어나는 X에서 Na^+ 통로(㉡)를 통해 Na^+ 이 세포 밖에서 안으로 이동한다.

ㄱ. X에서 K^+ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높으므로 K^+ 통로(㉢)를 통해 K^+ 은 세포 안에서 밖으로 확산된다.

05 흥분 전도 속도

㉣. 말미집 뉴런(A)에서는 축삭 돌기의 랭비에 결절에서만 흥분이 발생하는 도약전도가 일어난다.

㉤. 구간 I에서 민말미집 뉴런(B)의 축삭 돌기가 굵고 단면의 지름이 클수록 저항이 감소하여 흥분 전도 속도가 빠르다.

㉤. 축삭 돌기의 두께가 L_1 로 같을 때 말미집 뉴런(A)이 민말미집 뉴런(B)보다 흥분 전도 속도가 빠를 것이라고 예측할 수 있다.

06 활동 전위

뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 구간 ㉠의 상태에서 구간 ㉠~㉡의 상태를 거쳐 다시 분극 상태로 돌아온다. ㉠은 분극 상태, ㉡은 휴지 전위에서 역치 전위까지 막전위가 증가하는 탈분극 상태, ㉢은 활동 전위가 일어나 막전위가 증가하는 탈분극 상태, ㉣은 막전위가 감소하는 재분극 상태, ㉤은 휴지 전위보다 막전위가 낮은 과분극 상태이다.

㉣. 분극 상태(㉠)에서 K^+ 통로는 일부 열려 있고 Na^+ 통로는 거의 대부분 닫혀 있다. 재분극 상태(㉢)에서 열린 K^+ 통로를 통해 K^+ 이 뉴런 밖으로 확산된다.

㉣. ㉠은 분극 상태의 휴지 전위에서 벗어나 역치 전위까지 막전위가 증가하는 탈분극 상태에 해당한다.

㉣. ㉡일 때는 닫혀 있던 Na^+ 통로가 열리면서 Na^+ 이 뉴런 안으로 확산되어 탈분극이 일어난다. 이어서 닫혀 있던 K^+ 통로가 열리면서 K^+ 이 뉴런 밖으로 확산되고 열린 Na^+ 통로가 닫히면서 재분극이 일어나며 ㉡일 때 과분극이 일어난다. 따라서 Na^+ 의 막 투과도는 탈분극 상태(㉡)에서가 과분극 상태(㉢)에서보다 높다.

07 활동 전위

㉣. 자극을 준 직후 막 투과도가 먼저 급격히 증가하는 A는 Na^+ 이고, B는 K^+ 이다.

ㄱ. 활동 전위의 발생 과정에서 Na^+ (A)의 농도는 항상 세포 안이 밖보다 낮고, K^+ (B)의 농도는 항상 세포 안이 밖보다 높다.

ㄱ. t_2 일 때 P는 분극 상태로 회복되어 휴지 전위 상태이므로 P의 막전위는 역치 전위보다 낮다.

08 도약전도

㉣. 흥분 전도에 소요되는 시간은 구간 I에서가 구간 II에서보다 길고, 흥분의 이동 거리는 구간 I에서가 구간 II에서보다 짧다. 따라서 흥분 전도 속도는 구간 II에서가 구간 I에서보다 빠르다.

㉣. 흥분 전도 속도가 느린 구간 I은 랭비에 결절에 해당하며 세포막에 Na^+ 통로, K^+ 통로, $Na^+ - K^+$ 펌프 등이 있다.

ㄱ. 흥분 전도 속도가 빠른 구간 II에 말미집이 있고, 구간 I은 랭비에 결절에 해당한다.

09 활동 전위

- ㉠. 지점 P에 자극 I을 주었을 때 지점 Q에서 활동 전위가 발생하지 않았으므로 I의 세기가 역치보다 작아 X에서 흥분 전도가 일어나지 않았음을 알 수 있다.
- ㉡. 지점 P에 자극 II를 주었을 때 지점 Q에서 활동 전위가 발생하였으므로 II의 세기가 역치보다 크고 P에서 탈분극이 일어났음을 알 수 있다.
- ㉢. Q에서 발생한 활동 전위의 크기는 (나)에서와 (다)에서가 서로 같고, 활동 전위의 발생 빈도는 (다)에서가 (나)에서보다 높다.

10 무릎 반사

- ㉣. 시점이 t_1 에서 t_2 로 변할 때 X의 길이가 감소하였으므로 (나)의 X는 무릎 반사가 일어날 때 수축하는 골격근인 ㉠의 근육 원섬유 마디이다.
- ㉤. 시점이 t_1 에서 t_2 로 변할 때 X의 길이가 감소하였으므로 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분인 ㉡의 길이는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 짧다.
- ㉥. 무릎 반사가 일어날 때 ㉠의 근수축에 ATP가 사용된다.

11 근육 섬유의 구조

- ㉦. 근육 원섬유에서 액틴 필라멘트만 있어서 밝게 보이는 부분인 ㉠은 명대에 해당하고, 마이오신 필라멘트가 있어서 어둡게 보이는 부분인 ㉡은 암대에 해당한다.
- ㉧. ㉡은 마이오신 필라멘트가 있는 A대이고, 근육 원섬유 마디는 액틴 필라멘트가 붙어 있는 Z선과 Z선 사이의 구간이다.
- ㉨. 근육 섬유가 다핵성 세포이고, 근육 원섬유는 근육 섬유에 들어 있는 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트의 다발이다.

12 근수축

- ㉩. 근육 원섬유에서 명대의 중앙에 Z선이 있고, 암대의 중앙에 M선이 있다.
- ㉪. t_1 에서 t_2 로 변화할 때 ㉠의 길이가 $0.3 \mu\text{m}$ 증가하면 ㉡의 길이는 $0.3 \mu\text{m}$ 감소하고 ㉢의 길이는 $0.6 \mu\text{m}$ 증가한다. 따라서 좌우 대칭인 X의 길이는 t_1 일 때보다 $0.6 \mu\text{m}$ 증가하여 t_2 일 때 $2.8 \mu\text{m}$ 이다.
- ㉫. 액틴 필라멘트의 길이에 해당하는 ㉠+㉡의 길이는 근수축이 일어날 때 일정하게 유지된다. ㉢의 길이는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 작으므로 $\frac{\text{㉠}+\text{㉡}}{\text{㉢}}$ 은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

13 근육 원섬유의 구조

- ㉬. 구간 ㉠에 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분과 마이오신 필라멘트만 있는 부분이 모두 있으므로 ㉠은 A대이다.

- ㉭. t_1 일 때 X에는 (나)와 같은 단면을 갖는 지점이 있으므로 t_1 일 때 X에는 마이오신 필라멘트만 있는 부분(나)인 H대가 있다. 따라서 X에서 H대의 길이는 $0 \mu\text{m}$ 보다 크다.
- ㉮. X에서 마이오신 필라멘트만 관찰되는 부분(나)은 암대에 속한다.

14 근수축

- ㉯. X 길이의 변화량을 $+x$ 라고 할 때, ㉠ 길이의 변화량은 $+\frac{1}{2}x$ 이고, ㉡ 길이의 변화량은 $-\frac{1}{2}x$ 이며, ㉢ 길이의 변화량은 $+x$ 이다. 따라서 ㉣ 길이의 변화량은 $+2d$ 이다.
- ㉺. ㉠과 ㉣의 길이 변화량이 같으므로 ㉠과 ㉣은 각각 X와 ㉢ 중 하나이다. ㉡의 길이는 X의 길이보다 항상 짧으므로 ㉠은 ㉢, ㉣은 X이다.
- ㉻. X(㉣) 길이가 $2d$ 만큼 증가할 때 ㉠ 길이는 d 만큼 증가하고 ㉡ 길이는 d 만큼 감소하므로 ㉢은 ㉠, ㉣은 ㉡이다. 따라서 t_2 일 때 ㉢(㉣)에는 마이오신 필라멘트가 없다.

15 근육 원섬유의 구조

- ㉼. ㉠은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이므로 ㉠은 H대에 해당하고, ㉡은 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.
- ㉽. 액틴 필라멘트만 있는 부분인 ㉢의 가운데에 Z선이 있고, Z선에 액틴 필라멘트가 좌우로 붙어 있다.
- ㉾. t_1 에서 t_2 로 변화할 때 X의 길이는 $0.6 (=2.8 - 2.2) \mu\text{m}$ 감소한다. 이때 ㉠의 길이는 $0.6 \mu\text{m}$ 감소하고, $\frac{\text{㉡}}{2}$ 의 길이가 $0.3 \mu\text{m}$ 감소하므로 ㉢의 길이도 $0.6 \mu\text{m}$ 감소한다.

16 근수축의 에너지원

- ㉿. 세포 호흡에서 생성되는 ㉠은 ATP이고, ATP가 ADP(㉡)와 P_i 로 분해될 때 방출되는 에너지가 근수축에 이용된다.
- ㊀. 크레아틴 인산이 크레아틴으로 분해될 때 에너지가 방출되고 인산기가 ADP(㉡)에 전달되어 ATP(㉠)이 생성된다. 1분자당 에너지량은 크레아틴이 크레아틴 인산보다 적다.
- ㊁. 활동설에 따르면 근수축이 일어날 때 근육 원섬유 마디를 구성하는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 ATP가 사용된다.

수능 3점 테스트

본문 52~57쪽

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ㉓ | 02 ㉒ | 03 ㉔ | 04 ㉒ | 05 ㉓ | 06 ㉕ |
| 07 ㉒ | 08 ㉑ | 09 ㉓ | 10 ㉑ | | |

01 흥분의 전도

- ㉑. 구간 I의 A에서는 막전위가 증가하는 탈분극이 일어난다.
 ㉒. 구간 II의 C에서는 재분극이 일어난다. C에서 막전위가 변화할 때 K^+ 통로를 통해 K^+ 이 세포 안에서 밖으로 확산된다.
 ✕. 막전위를 측정할 2ms 동안 A에서는 탈분극이, B에서는 탈분극과 재분극이, C에서는 재분극이 일어나므로 자극을 준 지점은 C이고, 흥분은 $C \rightarrow B \rightarrow A$ 방향으로 전도된다.

02 활동 전위

- ✕. 분극 상태인 뉴런의 막전위를 휴지 전위라고 하며, (가)에서 세포 밖 K^+ 농도가 증가할 때 X의 휴지 전위가 상승한다.
 ✕. 세포 밖 K^+ 농도에 따른 X의 휴지 전위는 ㉑일 때가 -70mV 이고 ㉒일 때가 -60mV 이다. (나)에서 자극이 주어지기 전의 휴지 전위가 -60mV 이므로 (나)는 세포 밖 K^+ 농도가 ㉒일 때이고, (다)는 세포 밖 K^+ 농도가 ㉑일 때이다.
 ㉑. (나)에서는 휴지 전위가 -60mV 이고 (다)에서는 휴지 전위가 -70mV 인데, 역치 전위는 -55mV 로 일정하므로 역치 전위에 도달하기 위해 필요한 최소한의 자극 세기는 (다)에서 (나)에서보다 크다. 따라서 활동 전위를 발생시키는 최소한의 자극 세기는 (다)에 주어진 II가 (나)에 주어진 I보다 크다.

03 근수축

- ㉑. A대의 길이가 $1.6\mu\text{m}$ 인데 X의 길이가 $1.65\mu\text{m}$ 인 경우, ㉑의 길이는 $0.025\mu\text{m}$ 로 $0\mu\text{m}$ 보다 크다.
 ✕. 액틴 필라멘트의 길이가 $1.0\mu\text{m}$ 이므로 H대의 길이가 $0.1\mu\text{m}$ 일 때 X의 길이는 $2.1\mu\text{m}$ 이며, H대의 길이가 $0.2\mu\text{m}$ 일 때 X의 길이는 $2.2\mu\text{m}$ 이다. (나)에서 X의 길이가 $2.1\mu\text{m}$ 일 때와 $2.2\mu\text{m}$ 일 때는 X의 수축 강도가 같다.
 ㉑. X의 길이가 $2.25\mu\text{m}$ 일 때, ㉑의 길이는 $0.325\mu\text{m}$, ㉒의 길이는 $0.675\mu\text{m}$, ㉓의 길이는 $0.25\mu\text{m}$ 이다. 이때 Z_1 로부터 Z_2 방향으로 거리가 $0.2\mu\text{m}$ 인 지점은 ㉑에 해당한다.

04 근수축

t_1 일 때 ㉑의 길이를 x 라고 할 때, $\frac{㉑}{㉒}$ 이 4이므로 ㉑의 길이는 $4x$ 이고, X의 길이는 $6x$ 이며, ㉑-㉒이 0이므로 ㉒의 길이는 x 이다. 이때 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분은 양쪽이 각각 $1.5x\left(=\frac{4x-x}{2}\right)$ 이다. t_2 일 때 $\frac{㉑}{㉒}$ 이 2인데 ㉑의 길

이는 변하지 않으므로 t_2 일 때 ㉑의 길이는 $2x$ 이다. t_1 에서 t_2 로 변할 때 ㉑의 길이가 x 만큼 증가하면 ㉒의 길이는 2배인 $2x$ 만큼 증가하여 t_2 일 때 ㉒의 길이는 $3x$ 이다. 이때 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분은 양쪽이 각각 $0.5x\left(=\frac{4x-3x}{2}\right)$

이다. t_2 일 때 ㉒의 길이가 $3x$, ㉑의 길이가 $2x$ 이므로 ㉑-㉒인 d 는 x 와 같다.

✕. ㉑의 길이는 t_2 일 때가 $3x$, t_1 일 때가 x 이므로 t_2 일 때가 t_1 일 때의 3배이다.

✕. X의 길이는 $(2 \times ㉑ \text{의 길이} + ㉑ \text{의 길이})$ 이므로 t_1 일 때 X의 길이는 $6d(=2 \times d + 4d)$ 이고, t_2 일 때 X의 길이는 $8d(=2 \times 2d + 4d)$ 이다. 따라서 t_2 일 때의 X 길이에서 t_1 일 때의 X 길이를 뺀 값은 $2d(=8d - 6d)$ 이다.

㉑. t_2 일 때 ㉑의 길이가 $2d$ 이므로 Z_1 로부터 Z_2 방향으로 거리가 d 인 지점은 ㉑에 해당한다.

05 근수축

- ㉑. I에서 소장 근육 세포의 활동 전위 발생 빈도가 증가하였으므로 활동 전위가 발생하였음을 알 수 있다.
 ✕. 소장 근육의 수축력이 I에서 II에서보다 크므로 소장 근육은 I에서 II에서보다 더 수축된 상태이다.
 ㉑. I에서 소장 근육 세포에 아세틸콜린이 작용하여 탈분극이 일어나고 수축력이 증가하였으므로 소장 근육과 시냅스를 통해 연결된 뉴런에서 아세틸콜린이 분비되면 소장 근육이 수축한다는 것을 알 수 있다.

06 근수축의 에너지원

- ㉑. 근육 세포에서 근육 원섬유가 수축하는 과정에 사용되는 에너지원 ㉑은 ATP이다.
 ㉑. P가 달리기를 시작한 후 30초 동안에는 크레아틴 인산이 크레아틴으로 분해되면서 인산기가 ADP로 전달되어 생성된 ATP가 근수축의 주된 에너지원이므로 근육 세포에서 크레아틴이 생성된다.
 ㉑. 젖산 발효를 통해 포도당이 분해되면 젖산과 ATP(㉑)가 생성되고, 세포 호흡을 통해 포도당이 분해되면 이산화 탄소와 물, ATP(㉑)가 생성된다. P가 달리기를 시작한 후 경과된 시간이 120초일 때 젖산 발효인 II와 세포 호흡인 III이 모두 일어나므로 근육 세포에서 젖산과 이산화 탄소가 모두 생성된다.

07 근수축

t_2 일 때 X의 길이가 $3.2\mu\text{m}$, A대의 길이가 $1.6\mu\text{m}$ 이므로 ㉑은 $0.8\mu\text{m}$ 이다. 만약 ㉑=㉒라면, ㉒과 ㉑은 각각 ㉒와 ㉑ 중 하나이다. 이때 $㉑-㉒=0.8-㉒=0.1$ 이고 $㉑+㉒=0.8+㉒=1.4$ 이므로 ㉒는 $0.7\mu\text{m}$, ㉑은 $0.6\mu\text{m}$ 인데, ㉑이 ㉒이고 ㉑이 ㉑인 경

우와 ㉔이 ㉔이고 ㉔이 ㉔인 경우 모두 ㉔의 길이 + $\frac{\text{㉔의 길이}}{2} = 0.8 \mu\text{m}$ 를 만족하지 못하므로 모순이다. 만약 ㉔=㉔라면, ㉔과 ㉔은 각각 ㉔와 ㉔ 중 하나이다. 이때 ㉔-㉔=㉔-0.8=0.1이므로 ㉔는 0.9 μm 이고, ㉔+㉔=0.9+㉔=1.4이므로 ㉔는 0.5 μm 이다. 이때도 ㉔이 ㉔이고 ㉔이 ㉔인 경우와 ㉔이 ㉔이고 ㉔이 ㉔인 경우 모두 ㉔의 길이 + $\frac{\text{㉔의 길이}}{2} = 0.8 \mu\text{m}$ 를 만족하지 못하므로 모순이다. 따라서 ㉔는 ㉔이고, ㉔+㉔=㉔+0.8=1.4이므로 ㉔는 0.6 μm 이며, ㉔-㉔=0.6-㉔=0.1이므로 ㉔는 0.5 μm 이다. 이때 ㉔이 ㉔이고 ㉔이 ㉔인 경우는 ㉔의 길이 + $\frac{\text{㉔의 길이}}{2} = 0.8 \mu\text{m}$ 를 만족하지 못하므로 모순이다.

따라서 ㉔이 ㉔, ㉔이 ㉔, ㉔이 ㉔이다. t_1 에서 t_2 로 변화할 때 각 구간의 변화량은 ㉔이 + d 이면, ㉔은 - d , ㉔은 + $2d$, X는 + $2d$ 이다. t_1 에서 t_2 로 변화할 때 ㉔-㉔(=㉔-㉔)의 변화량은 -0.3=+ $3d$ 이므로 d 는 -0.1이다. 이때 ㉔+㉔(=㉔+㉔)의 변화량은 + $3d$ (=-0.3)이므로 t_1 일 때 ㉔+㉔는 1.7이고, X의 변화량은 + $2d$ (=-0.2)이므로 t_1 일 때 X의 길이는 3.4 μm 이다.

㉔. ㉔는 ㉔, ㉔는 ㉔, ㉔는 ㉔이다.

㉔. t_1 일 때 ㉔-㉔(=㉔-㉔)=0.4이고, ㉔의 길이 + $\frac{\text{㉔의 길이}}{2} = 0.8 \mu\text{m}$ 이므로 ㉔는 0.8 μm , ㉔는 0.4 μm , ㉔는 0.9 μm 이다. t_2 일 때 ㉔-㉔(=㉔-㉔)=0.1이고, ㉔의 길이 + $\frac{\text{㉔의 길이}}{2} = 0.8 \mu\text{m}$ 이므로 ㉔는 0.6 μm , ㉔는 0.5 μm , ㉔는 0.8 μm 이다. 따라서 t_1 일 때 ㉔의 길이와 t_2 일 때 ㉔의 길이는 모두 0.8 μm 이다.

㉔. t_2 일 때 ㉔는 0.8 μm , ㉔는 0.5 μm , ㉔는 0.6 μm 이므로 Z₁로부터 Z₂ 방향으로 거리가 1.1 μm 인 지점은 ㉔에 해당한다.

08 흥분 전도

A와 B에 자극을 동시에 주었으므로 ㉔일 때 자극 지점의 막전위는 A와 B에서 서로 같아야 한다. 따라서 ㉔일 때 자극 지점의 막전위 값은 ㉔와 ㉔에서 동일한 값이 있는 ㉔와 ㉔, 즉 -57과 -80 중 하나이며, 자극 지점은 막전위 변화가 가장 먼저 진행된 지점이므로 -80이다. 따라서 ㉔일 때 A의 d_1 과 B의 d_4 는 모두 막전위 값이 -80이다. 흥분 전도 속도가 A가 2 cm/ms, B가 3 cm/ms이므로 A의 d_1 로부터 d_3 에 흥분이 도달하는 데 걸리는 시간과 B의 d_4 로부터 d_1 에 흥분이 도달하는 데 걸리는 시간은 3 ms로 동일하다. 따라서 ㉔일 때 A의 d_3 에서와 B의 d_1 에서의 막전위 값은 같아야 하며, 그 값은 -57이다.

만약 ㉔가 -80, ㉔가 -57이라면, ㉔는 A, ㉔는 B이고, ㉔이 d_1 , I이 d_4 이다. 이 경우 ㉔일 때 A와 B에서 흥분이 가장 늦게 도달한 지점의 막전위 값이 A의 d_4 에서가 -13, B의 d_1 에서가 -57이며, 이는 B에서가 A에서보다 흥분 전도 속도가 느리다는 것을 의미하므로 주어진 조건과 모순이다.

따라서 ㉔는 -57, ㉔는 -80이고, ㉔는 B, ㉔는 A이며, ㉔이 d_1 , IV가 d_4 , I이 d_3 , II가 d_2 이다. 이 경우 ㉔일 때 A와 B에서 흥분이 가장 늦게 도달한 지점의 막전위 값이 A의 d_4 에서가 -65, B의 d_1 에서가 -57이며, 이는 B에서가 A에서보다 흥분 전도 속도가 빠르다는 것을 의미하므로 주어진 조건에 부합한다. 제시된 표를 정리하면 다음과 같다.

| 신경 | ㉔일 때 막전위(mV) | | | |
|------|--------------|------------|-------------|------------|
| | d_3 (I) | d_2 (II) | d_1 (III) | d_4 (IV) |
| B(㉔) | -13 | -16 | -57(㉔) | -80(㉔) |
| A(㉔) | -57(㉔) | +30 | -80(㉔) | -65 |

㉔. ㉔는 -57, ㉔는 -80이다.

㉔. I은 d_3 , II는 d_2 , III는 d_1 , IV는 d_4 이다.

㉔. B에서 흥분의 전도는 d_4 (IV) → d_3 (I) → d_2 (II) → d_1 (III) 방향으로 일어난다. ㉔일 때 B(㉔)의 d_3 (I)에서 막전위 값은 -13이며, 재분극이 일어난다.

09 흥분의 전도와 전달

A의 P에 자극 I을 주었을 때 A의 d_1 과 d_2 에 탈분극이 일어났고 경과된 시간이 4 ms일 때 d_3 의 막전위 값이 -70이므로 P는 d_3 이다. 이때 d_1 과 d_2 의 막전위 값인 ㉔와 ㉔가 각각 +30, 0, -80 중 하나라는 조건을 만족하려면 A에서 왼쪽 부분의 뉴런의 흥분 전도 속도가 1 cm/ms이어야 하고, ㉔는 -80, ㉔는 +30이며, 따라서 ㉔는 0이다.

A의 Q에 자극 II를 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 막전위 값이 d_3 이 0(㉔), d_4 가 -80(㉔), d_5 가 -70이므로 Q는 d_5 이고, A에서 오른쪽 부분의 뉴런의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이며, A에는 시냅스가 있고, 흥분의 전달은 시냅스의 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 일어날 수 있다. 따라서 (나)에는 신경 세포체가 있고, (가)에는 축삭 돌기 말단이 있다.

B의 R에 자극 III을 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 막전위 값이 d_4 가 +30(㉔), d_5 가 0(㉔)이 되려면 B에서 오른쪽 부분의 뉴런의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이고, d_3 의 막전위 값이 -80(㉔)이므로 B에도 시냅스가 있어야 한다. 이때 막전위 값이 d_1 이 -70, d_3 이 -80(㉔)이므로 B에서 왼쪽 부분의 뉴런의 흥분 전도 속도도 2 cm/ms이고, R는 d_1 이다. 따라서 B에서 흥분의 전달은 시냅스의 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 일어날 수 있으며, (다)에는 신경 세포체가 있고, (라)에는 축삭 돌기 말단이 있다.

㉔. ㉔는 +30, ㉔는 -80, ㉔는 0이다.

㉔. P는 d_3 , Q는 d_5 , R는 d_1 이다.

㉔. A에서는 (나)에 신경 세포체가, (가)에 축삭 돌기 말단이 있고, B에서는 (다)에 신경 세포체가, (라)에 축삭 돌기 말단이 있다.

10 흥분의 전도와 전달

B에 자극을 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 d_3 과 d_4 의 막전위 값

이 모두 0이므로 자극 지점으로부터 d_3 과 d_4 에 흥분이 도달하는 데 걸린 시간은 각각 2.5 ms와 1.5 ms 중 하나이다. 따라서 d_3 과 d_4 사이에서 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은 1 ms이고, d_3 과 d_4 사이의 거리가 2 cm이므로 뉴런의 흥분 전도 속도(㉔)는 2 cm/ms이다. B에서 자극 지점이 d_5 일 경우, ㉔에 시냅스가 있다면 d_4 로 흥분이 전달될 수 없고, ㉔에 시냅스가 없다면 d_4 의 막전위 값이 0이 될 수 없어 모순이다. B에서 자극 지점이 d_1 일 경우, ㉔의 시냅스 유무와 관계없이 d_4 의 막전위 값이 0이 될 수 없어 모순이다. 따라서 B에서 자극 지점은 d_2 이고, d_3 과 d_4 의 막전위 값이 모두 0이 되려면 ㉔에 시냅스가 있어야 한다. d_2 에서 d_3 까지 흥분이 도달하는 데 걸린 시간은 1.5 ms이고, d_2 에서 d_4 까지 흥분이 도달하는 데 걸린 시간은 2.5 ms이다.

C에 자극을 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 막전위 값이 d_2 가 -80, d_5 가 +30이고, C에서도 뉴런의 흥분 전도 속도가 2 cm/ms(㉔)이므로 이러한 조건을 만족하는 것은 C에서 자극 지점이 d_3 이고, ㉔과 ㉔에 시냅스가 없으며 양방향으로 흥분의 전도가 일어난 경우이다.

A에서도 뉴런의 흥분 전도 속도가 2 cm/ms(㉔)인데, A에 자극을 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 막전위 값이 d_4 가 -80, d_5 가 -60이므로 ㉔에는 시냅스가 있어야 하며, A에서도 자극 지점은 d_3 이다.

따라서 A와 C의 자극 지점이 동일하므로 P는 d_3 이고, 나머지 B의 자극 지점인 Q는 d_2 이다.

㉔ P는 d_3 이고, Q는 d_2 이다.

✕. 시냅스는 ㉔과 ㉔에 있다.

✕. ㉔가 5 ms일 때 B의 d_4 에 흥분이 도달하는 데 걸리는 시간이 2.5 ms이므로 d_4 에서 막전위 변화에 2.5 ms가 소요되어 재분극이 일어난다.

05 신경계

수능 2점 테스트

본문 64~67쪽

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ㉔ | 02 ㉔ | 03 ㉔ | 04 ① | 05 ㉔ | 06 ㉔ |
| 07 ㉔ | 08 ㉔ | 09 ㉔ | 10 ㉔ | 11 ㉔ | 12 ㉔ |
| 13 ㉔ | 14 ㉔ | 15 ㉔ | 16 ① | | |

01 중추 신경계

중간뇌가 포함된 A는 뇌이고, B는 척수이다.

㉔. A는 뇌, B는 척수이다.

✕. B(척수)의 겉질은 백색질이고, 속질은 회색질이다.

㉔. 말초 신경계는 뇌와 주변 기관을 연결하는 12쌍의 뇌 신경과 척수와 주변 기관을 연결하는 31쌍의 척수 신경으로 분류한다. B(척수)는 A(뇌)와 척수 신경 사이에서 정보를 전달할 수 있다.

02 뇌

A는 시상과 시상 하부로 구분되는 간뇌이고, B는 대뇌이다. 뇌교는 소뇌와 대뇌 사이에 정보 전달을 중계하고, 뇌를 구성한다. A는 간뇌, B는 대뇌이다.

✕. A(간뇌)는 뇌줄기를 구성하지 않는다. 뇌줄기는 중간뇌, 뇌교, 연수로 구성된다.

㉔. '수의(의식적) 운동의 중추이다.'는 대뇌(B)의 특징인 ㉔에 해당한다.

㉔. 뇌는 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌, 뇌교, 연수로 구성된다.

03 신경계

A는 뇌, B는 뇌 신경, C는 척수, D는 척수 신경이다.

✕. 무릎 반사의 중추는 C(척수)이고, A(뇌)는 의식적인 반응에 관여한다.

㉔. C는 중추 신경계에 속하는 척수이다.

㉔. B(뇌 신경)와 D(척수 신경)는 모두 말초 신경계에 속한다.

04 뇌 구조

A는 간뇌, B는 중간뇌, C는 연수이다.

㉔. A는 시상과 시상 하부로 구분되는 간뇌이다.

✕. 대뇌와 연결되는 대부분의 신경이 교차되는 장소는 연수(C)이다.

✕. 흥채를 이용한 동공의 크기 조절에 관여하는 것은 중간뇌(B)이다.

05 대뇌 겹질

㉠은 말을 들을 때 활성화되는 측두엽이고, ㉡은 글자를 볼 때 활성화되는 후두엽이다.

✕. ㉠은 측두엽, ㉡은 후두엽이다.

㉢. ㉢(후두엽)에는 시각 정보를 처리하는 부위가 있으므로 ㉢(후두엽)이 손상되면 글자를 볼 때 이상이 생길 수 있다.

㉣. 여러 가지 신체 활동 중 활성화되는 대뇌 겹질 부위가 다르므로 대뇌 겹질은 부위에 따라 기능이 분업화되어 있음을 알 수 있다.

06 중추 신경계

연수와 중간뇌는 모두 뇌를 구성하므로 A와 B가 모두 가질 수 있는 ㉠은 '뇌를 구성한다.'이고, ㉡는 'O'이며, ㉢는 '×'이다. 동공 반사의 중추는 중간뇌이므로 B는 중간뇌이고, A는 연수이다.

㉣. ㉢는 '×', ㉡는 'O'이다.

㉤. A는 연수, B는 중간뇌이다.

✕. ㉠은 A(연수)는 갖지 않고, B(중간뇌)는 갖는 특징이므로 '동공 반사의 중추이다.'이고, ㉠은 '뇌를 구성한다.'이다.

07 말초 신경계

방광에 연결된 자율 신경(교감 신경과 부교감 신경)의 신경 세포체는 모두 척수에 있으므로 (가)는 척수이다.

✕. (가)는 척수이다.

㉢. 신경절 이전 뉴런의 길이가 신경절 이후 뉴런의 길이보다 짧은 ㉠은 교감 신경이고, 신경절 이전 뉴런의 길이가 신경절 이후 뉴런의 길이보다 긴 ㉡은 부교감 신경이다.

✕. ㉠(교감 신경)이 방광에 작용하면 방광 확장(이완)이 일어나고, ㉡(부교감 신경)이 방광에 작용하면 방광 수축이 일어난다.

08 뇌

A는 정상인이고, B는 중간뇌, 뇌교, 연수의 기능이 상실된 사람이며, C는 뇌의 대부분의 기능이 상실된 사람이다.

㉢. A는 기능이 상실된 부위가 없는 정상인이다.

㉣. B는 뇌줄기를 구성하는 중간뇌, 뇌교, 연수의 기능이 상실된 사람이다.

✕. B의 간뇌는 기능이 상실되지 않았으므로 스스로 체온 조절이 가능하지만, C의 간뇌는 기능이 상실되었으므로 스스로 체온 조절이 불가능하다.

09 자율 신경

방광과 연결된 자율 신경의 신경 세포체는 모두 척수에 있으므로 ㉠은 척수, ㉡은 중간뇌이다. ㉢(중간뇌)과 눈을 연결하는 자율 신경은 부교감 신경이므로 (가)는 부교감 신경, (나)는 교감 신경이다.

㉣. (가)는 부교감 신경, (나) 교감 신경이다.

㉤. ㉠은 중간뇌, ㉡은 척수이다.

㉢. (가)(부교감 신경)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

10 말초 신경계

A는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이고, B는 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이며, C는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이다. ㉠은 골격근, ㉡은 심장, ㉢은 피부이다.

✕. ㉠은 골격근, ㉡은 심장, ㉢은 피부이다.

㉣. A와 B의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 모두 아세틸콜린이다.

✕. C는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이다.

11 말초 신경계

A는 신경 세포체가 뉴런의 중간에 있는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이며, B와 연결된 ㉠은 팔의 골격근, ㉡은 피부이다.

㉢. A는 구심성 뉴런으로 후근을 이룬다.

✕. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

㉣. ㉠은 척수와 A(구심성 뉴런, 감각 뉴런)로 연결되어 있으므로 피부이고, ㉡은 팔의 골격근이다.

12 말초 신경계

㉠ 자극 후 심장 세포에서 활동 전위 발생 빈도가 증가하였으므로 ㉠과 ㉡은 교감 신경을 구성하는 뉴런이다.

✕. ㉠은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런으로 ㉠의 신경 세포체는 척수에 있다.

㉣. ㉠의 길이는 ㉡의 길이보다 짧으므로 $\frac{㉠의 길이}{㉡의 길이} < 1$ 이다.

✕. ㉡은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이므로 ㉡의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.

13 신경계 이상

A는 정상인, B는 알츠하이머병 환자, C는 가벼운 인지 장애인이다.

✕. A~C 중 B에서 활동성 최소 부위가 가장 넓으므로 B가 알츠하이머병 환자이다.

㉢. B(알츠하이머병 환자)의 두정엽 부위에 검은색 영역이 많으므로 두정엽 부위의 대뇌 겹질에 이상이 있다.

㉣. A~C 중 A에서 활동성 최소 부위가 가장 적으므로 A는 정상인이다. B(알츠하이머병 환자)는 A(정상인)에 비해 기억력과 인지 기능이 약화되어 있다.

14 무릎 반사

척수의 겹질은 백색질이고, 척수의 속질은 회색질이다. 골격근이

수축할 때 골격근과 연결된 뉴런에서 활동 전위 발생 빈도 수는 증가한다.

✕. 척수의 곁질(㉠)은 주로 축삭 돌기로 이루어진 백색질이고, 속질(㉡)은 회색질이다.

㉢. 속질(㉡)에는 구심성 뉴런(감각 뉴런)과 원심성 뉴런(운동 뉴런)을 연결하는 뉴런인 연합 뉴런이 있다.

✕. 과정 (가)에서 무릎 반사가 일어나 다리가 위로 들리기 위해서는 A와 연결된 근육은 수축되고, B와 연결된 근육은 이완해야 한다. 따라서 과정 (가)가 일어날 때 A에서의 활동 전위 발생 빈도 수는 증가하고, B에서의 활동 전위 발생 빈도 수는 감소하므로 단위 시간당 A에서 활동 전위 발생 빈도 수는 증가한다. B에서 활동 전위 발생 빈도 수는 증가한다.

15 동공 반사

동공 반사는 반응의 중추가 대뇌가 아닌 중간뇌이고, 무조건 반사에 해당한다.

㉠. 동공 반사의 중추는 중간뇌이므로 (가)에 중간뇌가 관여한다.

✕. 동공 반사는 대뇌가 관여하지 않으므로 의식적인 반응에 해당하지 않는다.

㉢. (가)의 결과 동공의 크기가 축소하였다. 동공 축소는 중간뇌와 홍채를 연결하는 부교감 신경에서 활동 전위 발생 빈도가 증가하면 일어난다.

16 의식적인 반응과 무조건 반사

자료에서 의식적인 반응의 경로는 A → B → C → D → E이고, 척수 반사 반응의 경로는 A → F → E이다.

㉠. E는 척수에서 뻗어나가는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이므로 전근을 이룬다.

✕. F는 척수에 있는 연합 뉴런으로 척수 신경이 아니다. 척수 신경은 척수와 주변 기관을 연결하는 신경이다.

✕. (가)는 척수가 반응의 중추인 척수 반사 중 회피 반사에 해당하므로 반응의 경로는 A → F → E이다.

| | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|-----------|
| 수능 3점 테스트 | | | | | | 본문 68~71쪽 |
| 01 ㉡ | 02 ㉣ | 03 ㉢ | 04 ㉡ | 05 ㉣ | 06 ㉣ | |
| 07 ㉣ | 08 ㉡ | | | | | |

01 뇌의 구조

A는 대뇌, B는 간뇌, C는 연수이다. A(대뇌)의 기능이 저하되면 기억력과 인지 기능이 약화되고, B(간뇌)의 기능이 저하되면 체내 항상성 유지에 이상이 있으며, C(연수)의 기능이 저하되면 스

스로 호흡을 할 수 없다. 따라서 (가)는 B(간뇌)의 기능이 저하되어 있고, (나)는 A(대뇌)의 기능이 저하되어 있으며, (다)는 C(연수)의 기능이 저하되어 있다.

✕. B는 간뇌, C는 연수이다.

㉢. (나)는 A(대뇌)의 기능이 저하되어 있다.

✕. (다)는 C(연수)의 기능이 저하되어 있다. 뇌줄기는 중간뇌, 뇌교, 연수로 구성되어 있으므로 (다)는 뇌줄기의 기능이 정상이 아니다.

02 자율 신경

㉠과 ㉡은 부교감 신경을 구성하는 뉴런이고, ㉢과 ㉣은 교감 신경을 구성하는 뉴런이다. 눈으로 들어오는 빛 자극이 강하면 동공의 크기가 감소하고, 빛 자극이 약해지면 동공의 크기가 증가한다.

✕. 신경절 이전 뉴런의 길이가 신경절 이후 뉴런의 길이보다 긴 것을 통해 ㉠과 ㉡은 부교감 신경을 구성하는 뉴런임을 알 수 있다. ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런이다.

㉢. ㉣은 교감 신경의 신경절 이전 뉴런으로 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비된다.

㉤. 빛 자극이 차단되면 ㉢과 ㉣으로 구성된 교감 신경에서 신경 전달 물질의 분비가 증가하고, 동공의 크기가 커진다. 빛 자극에 노출되면 ㉠과 ㉡으로 구성된 부교감 신경에서 신경 전달 물질의 분비가 증가하고, 동공의 크기가 작아진다.

㉠의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질의 양은 동공의 크기가 ㉣의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질의 양은 동공의 크기가 커지고 있는 t_1 에서가 동공의 크기가 작아지고 있는 t_2 에서보다 작다.

03 자율 신경

교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 길이는 신경절 이후 뉴런의 길이보다 짧고, 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이며, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다. 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 길이는 신경절 이후 뉴런의 길이보다 길고, 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런과 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런에서 분비되는 신경 전달 물질은 모두 아세틸콜린이다. 따라서 A는 부교감 신경, B는 교감 신경이며, ㉠은 아세틸콜린, ㉡은 노르에피네프린이다.

㉢. A는 부교감 신경이므로 신경절은 ㉢에 있고, B는 교감 신경이므로 신경절은 ㉣에 있다.

㉤. ㉠은 아세틸콜린이고, ㉡은 노르에피네프린이다.

✕. A(부교감 신경)에서 활동 전위 발생 빈도가 증가하면 심장 박동 수가 감소한다.

04 무조건 반사

㉠은 척수의 속질, ㉡은 척수의 곁질, A는 구심성 뉴런(감각 뉴

런), B는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

- ✗. ㉠은 척수의 곁질로, 주로 축삭 돌기로 이루어진 백색질이다.
- ✗. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런)으로, 신경 세포체는 척수의 속질(㉡)에 있지 않고 축삭 돌기 중간 부분에 있다.
- Ⓞ. B는 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로, 척수의 전근을 이룬다.

05 중추 신경계

척수는 특징 ㉠~㉣을 모두 갖지 않으므로 B가 척수이고, ㉡는 '없음', ㉢는 '있음'이다. 중간뇌와 소뇌는 모두 뇌를 구성하므로 ㉠은 '뇌를 구성한다.'이다. 소뇌, 척수, 중간뇌 중 중간뇌만 뇌출기를 구성하므로 ㉠은 '뇌출기를 구성한다.'이고, 나머지 ㉣은 '몸의 평형 유지 중추이다.'이다. A는 중간뇌, B는 척수이다.

| 특징 구조 | ㉠ (뇌출기를 구성한다.) | ㉡ (뇌를 구성한다.) | ㉢ (몸의 평형 유지 중추이다.) |
|----------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| A(중간뇌) | ㉡(있음) | ㉡(있음) | ㉢(없음) |
| B(척수) | ㉢(없음) | ㉢(없음) | ?(없음) |
| 소뇌 | ㉢(없음) | ㉡(있음) | ㉢(있음) |

- ✗. ㉡는 '없음', ㉢는 '있음'이다.
- Ⓞ. A(중간뇌)와 소뇌가 공통적으로 갖는 ㉡은 '뇌를 구성한다.'이다.
- Ⓞ. B(척수)는 무릎 반사의 중추이다.

06 대뇌 결질

말을 들을 때는 측두엽 부분의 청각 영역이 활성화되고, 글자를 볼 때는 후두엽 부분의 시각 영역이 활성화되므로 (가)는 '단어를 듣고 따라 말할 때'이고, (나)는 '단어를 보면서 말할 때'이다.

- ✗. ㉠은 입의 움직임을 조절하는 운동 곁질로 운동령에 해당한다.
- Ⓞ. (가)는 '단어를 듣고 따라 말할 때'이고, (나)는 '단어를 보면서 말할 때'이다.
- Ⓞ. 말을 할 때와 말을 만들어 낼 때는 공통적으로 전두엽의 일부인 ㉠과 ㉡ 영역이 활성화된다.

07 중추 신경계와 말초 신경계

A는 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런이고, B는 교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다. 배설계에 속하는 기관인 방광과 연결된 자율 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 모두 척수에 있으므로 ㉠은 척수, ㉡는 방광이다. 심장과 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있으므로 ㉢은 연수이다.

- Ⓞ. ㉠은 척수, ㉢은 연수이다.
- ✗. A(부교감 신경의 신경절 이전 뉴런)의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이고, B(교감 신경의 신경절 이후 뉴런)의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.

Ⓞ. 방광은 배설계에 속하는 기관이고, 방광과 연결된 자율 신경의 신경 세포체는 모두 ㉠(척수)에 있다. 따라서 방광은 ㉡에 해당한다.

08 자율 신경

A는 부교감 신경을 구성하는 뉴런이고, B는 교감 신경을 구성하는 뉴런이다.

- ✗. A(부교감 신경)의 작용에 의해 심장 박동은 억제되므로 ㉠은 억제이다.
- Ⓞ. A는 심장과 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런으로 신경 세포체는 연수에 있다.
- ✗. B는 교감 신경의 신경절 이후 뉴런으로 원심성 신경(운동 신경)에 속한다.

06 항상성

수능 2점 테스트

본문 79~82쪽

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

01 호르몬의 작용

갑상샘(내분비샘)에서 분비된 호르몬은 혈액을 따라 이동하여 특정 수용체를 가진 표적 세포(표적 기관)에 작용한다.

✕. 갑상샘 자극 호르몬(TSH)은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬이다.

○. 갑상샘에서 분비된 X가 표적 세포로 이동하는 과정 (가)에 혈액이 관여한다.

✕. 갑상샘에서 분비된 X와 결합하는 특정 수용체를 가진 세포 ○이 X의 표적 세포이다.

02 신경과 호르몬에 의한 작용

A는 호르몬에 의한 작용이고, B는 신경에 의한 작용이다.

○. 혈액의 흐름을 통해 일어나는 A는 호르몬에 의한 작용이다.

✕. 호르몬에 의한 작용(A)은 신경에 의한 작용(B)보다 작용 범위가 넓고, 작용 시간이 길다(○).

○. 사람의 혈당량 조절 과정에서 호르몬에 의한 작용(A)과 신경에 의한 작용(B)이 모두 일어난다.

03 내분비샘과 호르몬

I은 뇌하수체 전엽, II는 이자, III은 뇌하수체 후엽이다.

○. 뇌하수체 전엽(I)에서는 성장 호르몬, 갑상샘 자극 호르몬, 부신 겔질 자극 호르몬 등이 분비된다.

✕. 이자(II)에서 분비되는 글루카곤(○)은 간에서 글리코젠의 분해를 촉진하여 혈당량을 높인다.

○. 뇌하수체 후엽(III)에서는 콩팥을 표적 기관으로 하여 수분 재흡수를 촉진하는 항이뇨 호르몬(ADH)이 분비된다.

04 길항 작용

호르몬 A는 간세포에 작용하여 혈중 포도당 농도를 증가시키고, 호르몬 B는 간세포에 작용하여 혈중 포도당 농도를 감소시키므로 A와 B는 길항적으로 작용하여 혈중 포도당 농도를 조절한다.

○. 간세포에 A와 B가 각각 작용할 수 있으므로 간세포에는 A의 수용체와 B의 수용체가 모두 있다.

○. A와 B는 각각 간세포에 작용하여 혈중 포도당의 농도를 반대

로 조절하므로 길항적으로 작용한다.

✕. 정상인 X에서 혈중 포도당 농도가 정상 범위보다 증가하면 혈중 포도당 농도를 증가시키는 A의 분비는 억제되고, 혈중 포도당 농도를 감소시키는 B의 분비는 촉진된다.

05 뇌하수체 호르몬

○은 뇌하수체 전엽, ○은 뇌하수체 후엽이고, A는 갑상샘 자극 호르몬(TSH), B는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

○. 갑상샘 자극 호르몬(A)은 뇌하수체 전엽(○)에서 분비된다.

○. 항이뇨 호르몬(B)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하여 혈장 삼투압을 조절한다.

○. 뇌하수체 전엽(○)과 후엽(○)에서의 호르몬 분비는 시상 하부에 의해 조절되므로 시상 하부는 갑상샘 자극 호르몬(A)과 항이뇨 호르몬(B)의 분비를 조절한다.

06 티록신의 분비 조절(음성 피드백)

갑상샘 자극 호르몬(TSH)을 분비하는 내분비샘 A는 뇌하수체 전엽이다. ○은 티록신, ○은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이다.

✕. TSH를 분비하는 A는 뇌하수체 전엽이다.

✕. 뇌하수체 전엽(A)에서는 성장 호르몬, TSH(○), 부신 겔질 자극 호르몬(ACTH), 생식샘 자극 호르몬 등이 분비된다.

○. 혈중 ○의 농도가 높을수록 혈중 ○의 농도가 감소하므로 ○은 티록신, ○은 TSH이다. (가)에서 티록신에 의해 TRH와 TSH의 분비가 억제되므로 티록신의 분비는 음성 피드백으로 조절된다.

07 혈중 Ca^{2+} 농도 조절

혈중 Ca^{2+} 농도가 높을수록 분비량이 감소하는 X는 혈중 Ca^{2+} 농도를 높이는 호르몬이고, 분비량이 증가하는 Y는 혈중 Ca^{2+} 농도를 낮추는 호르몬이다.

✕. 혈중 Ca^{2+} 농도가 높을수록 X의 분비는 감소한다.

○. Y는 혈중 Ca^{2+} 농도가 높을수록 분비량이 증가하므로 혈중 Ca^{2+} 농도 조절을 위해 혈중 Ca^{2+} 농도를 낮추는 기능을 한다.

○. 혈중 Ca^{2+} 농도를 낮추려면 콩팥에서 오줌으로 배설되는 Ca^{2+} 의 양을 증가(○)시켜야 한다.

08 이자

이자는 소화액을 분비하는 외분비샘이면서 호르몬을 분비하는 내분비샘이기도 하다.

✕. 소화 효소가 포함된 이자액의 분비(○)는 부교감 신경에 의해 촉진된다.

✕. 인슐린(○)은 이자의 β 세포에서 분비된다.

○. 인슐린(○)은 혈당량을 감소시키므로 인슐린(○)의 분비 부족은 당뇨병의 원인에 해당한다.

09 혈당량 조절

I 은 교감 신경이고, A는 인슐린, B는 글루카곤이다. 이자의 α 세포에서 분비되는 ㉠은 글루카곤이다.

- ㉠. 운동 시작 후 혈중 농도가 감소하는 A는 인슐린이고, 혈중 농도가 증가하는 B는 이자의 α 세포에서 분비되는 글루카곤(㉠)이다.
- ㉡. 인슐린(A)은 세포로의 포도당 흡수와 간에서 글리코젠의 합성을 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.
- ㉢. 이자의 α 세포에 작용하여 글루카곤(㉠, B)의 분비를 촉진하는 신경 I 은 교감 신경이다. 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

10 항이노 호르몬(ADH)

뇌하수체 후엽에서 분비된 후 콩팥에 작용하여 혈장 삼투압 조절에 관여하는 호르몬은 항이노 호르몬(ADH)이다.

- ㉠. 뇌하수체 후엽에서 분비된 ADH는 혈액을 통해 콩팥으로 이동하여 작용한다.
- ㉡. ADH는 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하여 혈장 삼투압을 낮춘다.
- ㉢. 혈장 삼투압이 증가하면 뇌하수체 후엽에서 혈장 삼투압을 낮추는 ADH의 분비가 촉진된다.

11 당뇨병

혈중 포도당 농도가 늦게 감소하기 시작하는 A는 당뇨병 환자, 빠르게 감소하기 시작하는 B는 정상인이다.

- ㉠. 탄수화물 섭취 후 혈중 포도당 농도가 B보다 늦게 천천히 감소하는 A는 당뇨병 환자이다.
- ㉡. 인슐린의 분비(㉠)는 이자에 연결된 부교감 신경에 의해 촉진된다.
- ㉢. 정상인(B)에서 혈중 포도당 농도가 높은 t_1 일 때가 혈중 포도당 농도가 낮은 t_2 일 때보다 인슐린의 분비량이 많으므로 간에서 단위 시간당 생성되는 글리코젠의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

12 혈장 삼투압 조절

A는 오줌 생성량, B는 혈장 삼투압이다.

- ㉠. 물을 섭취하면 혈장 삼투압이 감소하므로 B는 혈장 삼투압이고, A는 오줌 생성량이다.
- ㉡. 혈장 삼투압이 높은 t_1 일 때가 혈장 삼투압이 낮은 t_2 일 때보다 오줌 삼투압이 높다.
- ㉢. 혈장 삼투압이 높을수록 뇌하수체 후엽에서 ADH의 분비가 촉진되므로 혈장 삼투압이 높은 t_1 일 때가 혈장 삼투압이 낮은 t_2 일 때보다 혈중 ADH 농도가 높다.

13 혈장 삼투압 조절

소금물을 섭취하면 혈장 삼투압이 증가하므로 혈장 삼투압을 낮

추는 반응이 일어난다. ㉠은 후엽이고, ㉡는 증가, ㉢는 감소이다. X. 항이노 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬이므로 ㉠은 후엽이다.

- ㉡. 뇌하수체 후엽에서 ADH가 분비되는 과정 (가)는 시상 하부에 의해 조절된다.
- ㉢. 소금물을 섭취하면 혈장 삼투압이 증가하고, 뇌하수체 후엽에서 ADH의 분비가 증가(㉡)한다. ADH는 혈액을 통해 운반되어 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하고, 그 결과 혈장 삼투압은 감소(㉢)한다.

14 체온 조절

㉠은 저온 자극, ㉡은 고온 자극이다.

- ㉢. ㉠을 주었을 때 열 발생량이 증가하고, 열 발산량이 감소하므로 ㉠은 저온 자극, ㉡은 고온 자극이다.
- ㉣. 체온 조절 중추는 시상 하부이다.
- ㉤. 피부 근처 혈관의 지름이 자극을 준 후 증가하므로 피부 근처 혈관의 확장이 일어났다. 따라서 (나)에서 피부에 준 자극은 체온보다 높은 고온 자극(㉣)이다.

15 체온 조절

피부 근처 혈관의 수축은 열 발산량을 감소시키는 반응으로 체온 조절 중추에 준 자극 X는 저온 자극이다.

- ㉢. X는 저온 자극이다.
- ㉣. 피부 근처 혈관이 수축(㉢)하면 단위 시간당 피부 혈관을 흐르는 혈액량이 감소한다.
- ㉤. 피부 근처 혈관이 수축(㉢)되는 과정에 교감 신경이 관여한다.

16 시상 하부 설정 온도와 체온

시상 하부에 설정된 온도에 따라 열 발생량과 열 발산량이 조절되어 체온이 변화한다.

- ㉠. 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 낮으면 체온이 내려가고, 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 높으면 체온이 올라간다.
- ㉡. 구간 I에서 체온이 일정하게 유지되고 있으므로 열 발생량과 열 발산량이 같고, 구간 II에서 체온이 상승하고 있으므로 열 발생량이 열 발산량보다 많다. 따라서 열 발생량은 구간 I에서 구간 II에서보다 작다.
- ㉢. 단위 시간당 땀 분비량이 많을수록 열 발산량이 증가한다. 구간 II에서는 체온이 올라가고, 구간 III에서는 체온이 내려가므로 단위 시간당 땀 분비량은 구간 II에서가 구간 III에서보다 적다.

수능 3점 테스트

본문 83~89쪽

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

01 내분비샘과 외분비샘

세포 B에서 분비된 ㉠은 분비관을 따라 소장으로 분비되므로 외분비되고, 세포 A에서 분비된 ㉡은 혈액으로 분비되므로 내분비된다. 따라서 A가 α 세포이다.

✗. α 세포에서 글루카곤이 분비되고, β 세포에서 인슐린이 분비된다. 따라서 인슐린은 ㉡에 해당하지 않는다.

○. 과정 (가)는 소화액의 분비를 촉진하는 부교감 신경의 작용으로 촉진된다.

✗. A는 내분비 세포, B는 외분비 세포이다.

02 내분비샘과 호르몬

㉠은 성장 호르몬, ㉡은 인슐린이고, I은 뇌하수체 전엽, II는 이자, III은 부신 속질이다.

○. 성장기가 끝난 후에도 키가 자라지는 않지만, 얼굴, 손 등 몸의 말단부만 커지는 X는 말단 비대증이다.

○. 정상인에서 인슐린(㉡)의 분비는 음성 피드백에 의해 조절된다.

○. 에피네프린을 분비하는 III은 부신 속질이다.

03 기관과 호르몬

A는 뇌하수체, B는 갑상샘, C는 콩팥이고, ㉠은 항이노 호르몬(ADH), ㉡은 갑상샘 자극 호르몬(TSH), ㉢은 티록신이다.

○. 뇌하수체(A)에서 분비되는 ㉠과 ㉡은 각각 항이노 호르몬과 갑상샘 자극 호르몬 중 하나이므로 ㉢은 티록신이다. ㉡에 의해 티록신(㉢)의 분비가 촉진되므로 ㉡은 갑상샘 자극 호르몬이고, ㉠은 항이노 호르몬이다. 티록신(㉢)은 갑상샘(B)에서 분비된다.

○. 항이노 호르몬(㉠)의 작용으로 콩팥(C)에서 수분의 재흡수가 촉진되므로 콩팥(C)은 항이노 호르몬(㉠)의 표적 기관에 해당한다.

✗. 혈중 티록신(㉢)의 농도는 음성 피드백에 의해 조절된다. 따라서 혈중 티록신(㉢)의 농도가 감소하면 갑상샘 자극 호르몬(㉡)의 분비는 증가한다.

04 티록신의 분비 조절

㉣은 뇌하수체 전엽이고, ㉠은 갑상샘 자극 호르몬(TSH), ㉡은 티록신이다.

✗. 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)은 뇌하수체 전엽에 작용하여 TSH(㉠)의 분비를 촉진한다. 따라서 ㉣은 뇌하수체 전

엽이고, 갑상샘에서 분비되는 ㉡은 티록신이다.

○. 아이오딘이 결핍된 환자에서는 티록신(㉡)의 합성이 저해되므로 TSH(㉠)의 농도가 정상인에서보다 높다. 따라서 A는 아이오딘이 결핍된 환자, B는 정상인이다.

○. 정상인에서 혈중 티록신(㉡)의 농도는 음성 피드백으로 조절된다.

05 혈당량 조절

α 세포에서 분비되는 ㉠은 글루카곤, β 세포에서 분비되는 ㉡은 인슐린이다.

○. X를 주사한 후 간으로 흡수되는 포도당의 양이 증가하므로 X는 혈당량을 감소시키는 호르몬인 인슐린(㉡)이다.

✗. 글루카곤(㉠)은 이자에 연결된 교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.

✗. 간에서 단위 시간당 생성되는 글리코젠의 양은 포도당이 소모되는 구간 II에서가 포도당이 생성되는 구간 I에서보다 많다.

06 혈당량 조절

포도당 섭취 후 X의 농도가 정상인에서 감소하는 경향이 있으므로 X는 혈당량을 높이는 글루카곤이다.

✗. 포도당이 글리코젠으로 합성되는 I은 동화 작용에 해당한다.

✗. 글루카곤(X)은 이자의 α 세포에서 분비된다.

○. 글루카곤(X)에 의해 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 물질대사 II가 촉진된다.

07 혈당량 조절 호르몬

β 세포에서 분비되는 ㉢은 인슐린, α 세포에서 분비되는 ㉠은 글루카곤이고, ㉡는 글리코젠, ㉣는 포도당이다.

✗. 글루카곤(㉠)의 작용으로 간에서 글리코젠(㉡)으로부터 포도당(㉣)으로의 전환이 촉진된다.

○. 인슐린(㉢)과 글루카곤(㉠)은 간에서 길항적으로 작용하여 혈당량을 조절한다.

○. 정상인에서 혈중 인슐린(㉢)의 농도가 증가하면 혈중 포도당(㉣)의 농도는 감소한다.

08 혈장 삼투압 조절

㉠이 증가하면 혈중 ADH 농도가 증가하므로 ㉠은 혈장 삼투압이다.

○. A를 섭취했을 때 혈장 삼투압(㉠)이 증가하므로 A는 소금물이다.

○. 간뇌의 시상 하부는 혈장 삼투압(㉠)의 조절 중추이다.

○. 혈장 삼투압(㉠)이 높을수록 혈중 ADH 농도가 높고, 혈중 ADH 농도가 높을수록 단위 시간당 오줌 생성량이 적다. 따라서 혈장 삼투압(㉠)이 낮은 t_1 일 때가 혈장 삼투압이 높은 t_2 일 때보다 단위 시간당 오줌 생성량이 많다.

09 항이노 호르몬(ADH)

정상인에서 수분 공급이 중단되었을 때 ㉠이 증가하므로 ㉠은 오줌 삼투압이다. ADH를 주사한 후 오줌 삼투압(㉡)이 증가하는 A는 ADH의 분비가 부족한 환자이다.

㉠. 정상인에서 수분 공급이 중단되면 혈장 삼투압이 상승하여 ADH의 분비가 증가한다. 혈중 ADH 농도가 증가하면 오줌 삼투압이 증가하고, 단위 시간당 오줌 생성량은 감소하므로 ㉠은 오줌 삼투압이다.

㉡. 수분 공급이 중단된 시기 동안 오줌 삼투압(㉡)이 증가하지 않다가 ADH를 주사한 후 증가하는 A는 ADH의 분비가 부족한 환자이다.

㉢. 정상인에서 혈중 ADH 농도는 수분 공급이 중단되기 전인 t_1 일 때가 수분 공급이 중단된 t_2 일 때보다 낮다.

10 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬

항이노 호르몬(ADH)이 분비되는 뇌하수체 X는 뇌하수체 후엽이다.

㉠. 콩팥에서 수분 재흡수가 감소하면 혈장 삼투압이 증가하므로 ㉠은 감소이다.

㉡. 뇌하수체 후엽(X)에서 ADH와 옥시토신(자궁 수축 호르몬)이 분비된다.

㉢. 자궁 수축은 옥시토신을 더 많이 분비하게 하고 옥시토신은 자궁 수축을 더 강화(㉢)하는 것은 음성 피드백의 예에 해당하지 않는다.

11 항이노 호르몬(ADH)

ADH 분비가 부족한 환자는 혈장 삼투압이 증가하더라도 ADH의 분비가 적어 단위 시간당 오줌 생성량이 정상인에 비해 적게 감소한다. 따라서 A는 ADH 분비가 부족한 환자, B는 정상인이다.

㉠. A는 ADH 분비가 부족한 환자이다.

㉡. 혈중 ADH 농도가 높을수록 단위 시간당 오줌 생성량은 감소한다. 따라서 혈중 ADH 농도는 단위 시간당 오줌 생성량이 많은 t_1 일 때가 단위 시간당 오줌 생성량이 적은 t_2 일 때보다 낮다.

㉢. A는 ADH 분비가 부족한 환자이므로 t_3 일 때 ADH를 주사하면 구간 I에서 콩팥에서 수분 재흡수가 촉진되어 단위 시간당 오줌 생성량이 감소한다.

12 운동과 체온 조절

주변 온도가 낮을수록 열을 많이 뺏기므로 체온 상승이 많이 일어난 A가 33°C, 체온 상승이 적게 일어난 B가 12°C이다.

㉠. A(33°C)는 B(12°C)보다 높은 온도이다.

㉡. 체온 조절의 중추는 시상 하부이다.

㉢. A(33°C)일 때, 구간 I에서 체온이 상승하므로 열 발산량(열

방출량)이 열 발생량(열 생산량)보다 적다.

따라서 $\frac{\text{열 발산량(열 방출량)}}{\text{열 발생량(열 생산량)}}$ 은 1보다 작다.

13 체온 조절

시상 하부의 온도가 높아질수록 감소하는 A는 근육에서의 열 발생량이고, 증가하는 B는 피부 근처에서의 열 발산량이다.

㉠. A는 시상 하부의 온도가 낮을 때 높고, 높을 때 낮으므로 근육에서의 열 발생량이다.

㉡. (나)에서 털세움근의 이완으로 피부 털이 눕고, 피부 근처 혈관이 확장되므로 열 발산량을 늘리는 변화가 일어났다. 따라서 (나)는 시상 하부의 온도가 낮은 T_1 에서 높은 T_2 로 변화할 때 나타나는 피부에서의 변화이다.

㉢. 피부에서 단위 시간당 땀 분비량은 열 발산량이 적은 T_1 일 때가 열 발산량이 많은 T_2 일 때보다 적다.

14 체온 조절

X 자극을 주었을 때 부신 속질에서 분비되는 에피네프린은 물질 대사를 촉진하여 열 발생량을 증가시키고, 골격근의 떨림이 증가하여 열 발생량을 증가시키며, 피부 근처 혈관이 수축하여 열 발산량을 감소시키므로 X는 저온이다.

㉠. X는 저온이다.

㉡. 저온(X) 자극이 주어지면 부신 속질에서는 에피네프린이 분비되어 물질대사를 촉진한다. 따라서 과정 (가)에 에피네프린이 관여한다.

㉢. I~III 중 열 발생량(열 생산량)이 증가하는 경로는 I과 II이다. III에 의한 피부 근처 혈관 수축은 열 발산량을 감소시킨다.

07 방어 작용

수능 2점 테스트

본문 97~100쪽

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

01 질병의 구분

A는 병원체의 감염으로 나타나는 감염성 질병, B는 병원체에 감염되지 않아도 나타나는 비감염성 질병이다.

㉠. 감염성 질병은 병원체의 감염으로 나타나고, 비감염성 질병은 병원체에 감염되지 않아도 나타나므로 '병원체의 감염으로 나타남'은 특징 (가)에 해당한다.

㉡. 결핵(㉠)의 병원체는 세균이므로 결핵의 치료에 항생제가 사용된다.

㉢. 말라리아는 원생생물의 감염으로 나타나는 감염성 질병이므로 A(감염성 질병)의 예에 해당한다.

02 세균과 바이러스

세균성 폐렴의 병원체는 단세포 원핵생물인 세균에 속하고, 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체는 세포 구조를 갖지 않는 바이러스(㉠)에 속한다.

㉠. 세균은 단세포 원핵생물이다.

㉡. ㉠(바이러스)은 숙주 세포 안에서만 증식할 수 있다.

㉢. 세균성 폐렴을 일으키는 세균과 후천성 면역 결핍증(AIDS)을 일으키는 바이러스는 모두 유전 물질을 가지므로 유전 물질은 두 질병의 병원체가 공통으로 가지는 구성 성분(㉠)에 해당한다.

03 원생생물과 곰팡이

말라리아의 병원체 A는 원생생물인 말라리아 원충이고, 무좀의 병원체 B는 곰팡이인 무좀균이다.

㉠. A(말라리아 원충)와 B(무좀균)는 모두 핵을 갖는 진핵생물이다.

㉡. A(말라리아 원충)는 주로 적혈구에 들어가서 증식하고, 적혈구를 파괴하며 모기를 매개로 감염된다.

㉢. B(무좀균)는 곰팡이에 속한다.

04 병원체의 감염 경로와 예방

독감의 병원체는 독감 바이러스이므로 A는 바이러스, 콜레라의 병원체는 콜레라균으로 B는 세균이다.

ㄹ. A(바이러스)는 세포 구조를 갖지 않는다.

㉠. 콜레라는 세균의 감염으로 나타나는 질병이므로 치료에 항생제가 사용된다.

㉡. 독감 백신 접종을 통해 독감을 예방할 수 있다.

05 비특이적 방어 작용

병원체의 종류나 감염 경험의 유무와 관계없이 감염 발생 시 신속하게 반응이 일어나는 것을 비특이적 방어 작용이라 한다. 우리 몸에서 피부와 점막, 침과 눈물과 같은 분비액 등에서는 비특이적 방어 작용이 일어난다.

ㄹ. 피부(㉠)가 병원체의 침입을 막는 물리적 장벽의 역할을 하는 것은 비특이적 방어 작용의 예에 해당한다.

㉡. 침(㉡)과 눈물(㉢)에는 세균의 세포벽을 분해하는 라이소자임이 들어 있다.

㉣. 위벽(㉣)에서 분비되는 위산은 오염된 음식물 속 병원체(세균)를 제거할 수 있다.

06 염증 반응

병원체가 체내로 침입하면 열, 부어오름, 붉어짐 등이 나타나는 염증 반응이 일어나며, 염증 반응은 비특이적 방어 작용의 예에 해당한다.

㉠. 병원체가 들어오면 비만세포(A)에서 화학 신호 물질(히스타민)이 분비되어 주변 모세 혈관이 확장된다. B는 백혈구로, 상처 부위로 이동하여 식세포 작용을 한다.

㉡. 비만세포가 분비하는 화학 신호 물질(㉠)에는 히스타민이 있다.

㉢. (가)~(다)를 순서대로 배열하면 (가) → (다) → (나)이다.

07 림프구

골수(㉠)에서 만들어진 림프구 중 일부는 골수에서 B 림프구로 성숙하며, 다른 일부는 가슴샘(㉡)으로 이동하여 T 림프구로 성숙 및 분화한다.

㉠. ㉠은 골수이고, ㉡은 가슴샘이다.

ㄹ. 항체를 생성하는 세포는 형질 세포이다.

㉢. B 림프구는 체액성 면역에 관여하므로 ㉠은 체액성 면역이다.

08 항원 항체 반응

항원은 체내에서 면역 반응을 일으키는 원인 물질이고, 항체는 B 림프구로부터 분화된 형질 세포가 생성하여 분비하는 면역 단백질이다. 하나의 항체는 두 군데의 항원 결합 부위(㉠)를 가진다.

㉠. 단백질은 Y의 구성 성분이다.

ㄹ. Y는 형질 세포로부터 생성되어 분비된다.

㉢. Y는 X의 항원에 특이적으로 결합하는 부위를 갖고 있으며, Z의 특정 항원에 Y가 결합하고 있으므로 X와 Z는 모두 ㉠과 특이적으로 결합하는 항원을 갖는다.

09 세포성 면역

대식세포(㉠)가 병원체 X를 삼킨 후 분해하여 항원 조각을 제시한 후 보조 T 림프구(㉡)가 이를 인식하여 활성화됨에 따라 세포독성 T림프구(㉢)가 활성화된다. 활성화된 세포독성 T림프구가 X에 감염된 세포를 직접 파괴하는 과정은 세포성 면역에 해당한다.

- ㉠. 대식세포(㉠)는 항원을 자신의 세포 표면에 제시한다.
- ㉡. 보조 T 림프구(㉡)와 세포독성 T림프구(㉢)는 모두 가슴샘에서 성숙한다.
- ㉢. P에서 세포성 면역 반응이 일어났다.

10 체액성 면역

대식세포가 병원체 X를 삼킨 후 분해하여 항원 조각을 제시한 후 보조 T 림프구가 이를 인식하여 활성화됨에 따라 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화한다. 형질 세포(㉠)는 X에 대한 항체(㉡)를 생성 및 분비하여 항원(㉢)을 무력화하며, 기억 세포(㉣)는 X가 재침입하면 빠르게 형질 세포로 분화하여 X에 대한 항체(㉡)를 생성한다.

- ㉠. ㉠은 형질 세포이다.
- ㉡. (나)에서 X에 대한 항체를 생성하여 항원을 무력화시켰으므로 체액성 면역 반응이 일어났다.
- ㉢. 한 종류의 항체(㉡)는 한 종류의 항원(㉢)과만 결합한다.

11 생쥐의 방어 작용 실험

생쥐 A와 B에 X를 각각 2회에 걸쳐 주사한 후 A와 B에서 X에 대한 혈중 항체 농도 변화를 보면 A에서 X에 대한 1차 면역 반응과 2차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다. B에서는 X에 대한 항체 농도 변화가 거의 없으므로 B는 가슴샘이 없는 생쥐임을 알 수 있다.

- ㉠. 바이러스 X는 세포 구조를 갖지 않는다.
- ㉡. B는 가슴샘이 없는 생쥐이므로 X를 주사하여도 기억 세포가 생성되지 않는다. 따라서 구간 I의 B에는 X에 대한 기억 세포가 없다.
- ㉢. X에 대한 항체는 형질 세포에서 생성된다.

12 생쥐의 방어 작용 실험

I로부터 분리한 혈장 ㉠과 II로부터 분리한 혈장 ㉡를 각각 열처리하면 단백질로 이루어진 X에 대한 항체가 변성(파괴)되어 기능을 하지 못한다. 실험 결과에서 X에 노출된 적이 없는 III에게 열처리 안 한 ㉠과 X를 주사하였을 때는 살고, IV에게 열처리한 ㉠과 X를 주사하였을 때는 죽으므로 ㉠에는 X에 대한 항체가 있다. 따라서 II는 실험 2주 전 X에 노출된 적이 있는 생쥐이고, I은 X에 노출된 적이 없는 생쥐이며 ㉠에는 X에 대한 항체가 없다.

- ㉠. I은 X에 노출된 적이 없는 생쥐이다.
- ㉡. X에 노출된 적이 없는 V에게 열처리한 ㉠, 열처리 안 한 ㉠, X를 함께 주사하면 ㉠에 X에 대한 항체가 있으므로 V는 산다.

따라서 ㉠은 '산다'이다.

㉡. III은 X에 노출된 적이 없으므로 (나)의 III에서 X에 대한 1차 면역 반응이 일어났다.

13 ABO식 혈액형

P의 혈액을 항 A 혈청과 섞었을 때는 응집되었고 항 B 혈청과 섞었을 때는 응집되지 않았으므로 P의 ABO식 혈액형은 A형이며, P의 혈액에 있는 응집원 ㉠은 A이고, 응집소 ㉡은 β 이다. 이를 바탕으로 제시된 표를 정리하면 다음과 같다.

| 구분 | 혈액형 | 사람 수 |
|------------------------------|---------|------|
| ㉠(A)이 있는 사람 | A형, AB형 | 60 |
| ㉡(β)이 있는 사람 | A형, O형 | 59 |
| ㉠(A)과 ㉡(β)이 모두 없는 사람 | B형 | 16 |

- ㉠. P의 ABO식 혈액형은 A형이다.
- ㉡. ㉠(B형)의 혈장에는 응집소 β 가 없다.
- ㉢. 100명으로 구성된 X에서 (A형인 사람의 수 \times 2) + AB형인 사람의 수 + O형인 사람의 수 + B형인 사람의 수는 135이므로 A형인 사람의 수는 35, AB형인 사람의 수는 25, O형인 사람의 수는 24이다. X에서 ABO식 혈액형이 AB형인 사람의 수와 O형인 사람의 수를 더한 값은 49이다.

14 ABO식 혈액형

A형인 사람의 혈장에는 응집소 β 가 있고, AB형인 사람의 혈장에는 응집소 α 와 β 가 모두 없고, O형인 사람의 혈장에는 응집소 α 와 β 가 모두 있다. 각 혈장을 A형, AB형, O형인 사람의 적혈구와 섞었을 때 응집 반응 결과를 나타내면 표와 같다.

| 구분 | A형인 사람의 혈장(β) | AB형인 사람의 혈장(-) | O형인 사람의 혈장(α, β) |
|----------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| A형인 사람의 적혈구 | 응집 안 됨 | 응집 안 됨 | 응집됨 |
| AB형인 사람의 적혈구 | 응집됨 | 응집 안 됨 | 응집됨 |
| O형인 사람의 적혈구 | 응집 안 됨 | 응집 안 됨 | 응집 안 됨 |
| 응집 반응이 일어난 총횟수 | 1 | 0(㉠) | 2 |

따라서 ㉠은 I(O형), ㉡은 III(A형), ㉢은 II(AB형)이다.

- ㉠. ㉠은 0이다.
- ㉡. ㉠은 I(O형)이다.
- ㉢. ㉡(III)의 적혈구에는 응집원 A가 있고, ABO식 혈액형이 B형인 사람의 혈액에는 응집소 α 가 있으므로 ㉡(III)의 적혈구와 B형인 사람의 혈액을 섞으면 항원 항체 반응이 일어난다.

15 말라리아 치료제와 소아마비 백신

말라리아는 원생생물(㉠)에 속하는 말라리아 원충의 감염으로 나타나는 질병이고, 소아마비는 특정 바이러스(㉡)의 감염으로 나타나는 질병이다.

- ㉠. ㉠은 원생생물이다.
- ㉡. 원생생물(㉠)과 바이러스(㉡)는 모두 단백질을 갖는다.
- ㉢. ㉢(소아마비 백신)에는 소아마비를 일으키는 병원체의 항원이 들어 있다.

16 면역 관련 질환

- A는 자가 면역 질환이고, B는 알레르기이다.
- ㉠. 자가 면역 질환은 면역계가 자기 조직 성분을 항원으로 인식하여 세포나 조직을 공격하여 생기는 질병이고, 알레르기는 면역계가 특정 항원에 과민하게 반응하여 나타나는 질병이다. 따라서 ㉠은 항원이다.
 - ㉡. A는 자가 면역 질환이다.
 - ㉢. 류머티즘 관절염은 자가 면역 질환(A)의 예에 해당한다.

| | | | |
|-----------|------|-------------|------|
| 수능 3점 테스트 | | 본문 101~107쪽 | |
| 01 ㉢ | 02 ㉢ | 03 ㉤ | 04 ㉢ |
| 05 ㉣ | 06 ㉤ | 07 ㉤ | 08 ㉡ |
| 09 ㉠ | 10 ㉢ | 11 ㉢ | 12 ㉡ |
| 13 ㉠ | 14 ㉢ | | |

01 질병의 구분

- A는 헌팅턴 무도병, B는 무좀, C는 후천성 면역 결핍증(AIDS), D는 낫 모양 적혈구 빈혈증이다.
- ㉠. A(헌팅턴 무도병)와 D(낫 모양 적혈구 빈혈증)는 모두 비감염성 질병이다.
 - ㉡. B(무좀)의 병원체는 균류인 곰팡이이다.
 - ㉢. C(후천성 면역 결핍증(AIDS))의 병원체는 바이러스로 ‘병원체는 숙주 세포 안에서만 증식할 수 있다.’는 C의 특징인 (가)에 해당한다.

02 병원체

감기의 병원체는 바이러스로 유전 물질을 갖는다. 결핵의 병원체는 세균으로 유전 물질을 갖고, 세포 구조를 갖는다. 말라리아의 병원체는 원생생물로 유전 물질을 갖고, 세포 구조로 되어 있으며, 모기를 매개로 몸에 들어간다. 무좀의 병원체는 곰팡이로 유전 물질을 갖고, 세포 구조를 갖는다. ㉠을 제외하고 제시된 특징 3개 중 말라리아의 병원체는 3개의 특징을 갖고, 무좀의 병원체와 결핵의 병원체는 각각 2개의 특징을 가지며, 감기의 병원체는

1개의 특징을 갖는다. A~D 중 병원체가 갖는 특징의 개수가 1개인 질병은 D이므로 D는 감기이다. 병원체가 갖는 특징의 개수가 최대인 경우는 4이고, ㉠>㉡>㉢이므로 ㉠=4>㉡=3>㉢=2가 된다. 만약 ㉠이 3이면, ㉠=3>㉡=2>㉢=1이므로 적어도 2개 이상의 특징을 갖는 무좀과 결핵의 병원체가 갖는 특징의 개수와 일치하지 않는다. 따라서 ㉠=4, ㉡=3, ㉢=2이고, ㉠은 말라리아의 병원체와 무좀의 병원체 또는 말라리아의 병원체와 결핵의 병원체가 공통으로 갖는 특징이어야 한다. 따라서 A는 말라리아, B와 C는 각각 무좀과 결핵 중 서로 다른 하나이고, D는 감기이다.

- ㉠. A(말라리아)의 병원체는 원생생물로 스스로 물질대사를 한다.
- ㉡. ‘곰팡이이다.’가 ㉠이면 제시된 특징 중 말라리아와 무좀의 병원체가 갖는 특징의 개수가 각각 3이 되므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ‘곰팡이이다.’는 ㉠에 해당하지 않는다.
- ㉢. ㉠+㉢=5이다.

03 방어 작용

- (가)는 비특이적 방어 작용이고, (나)는 특이적 방어 작용이다.
- ㉠. 비특이적 방어 작용(가)은 병원체의 종류나 감염 경로의 유무와 관계없이 감염 발생 시 신속하게 일어나고, 특이적 방어 작용(나)은 특정 항원을 인식하여 제거하는 방어 작용으로 특정 병원체에 대해 상대적으로 느리게 일어난다.
 - ㉡. 식세포 작용(식균 작용)은 비특이적 방어 작용 중 몸의 내부에서 일어나는 내부 방어(㉠)에 해당한다. ㉠은 식세포 작용(식균 작용)이다.
 - ㉢. 항체에 의한 면역는 체액성 면역이므로 ㉠은 체액성 면역이고, 체액성 면역에는 B 림프구가 관여한다.

04 세포성 면역

- 바이러스 X가 침입하여 대식세포가 X를 삼킨 후 분해하여 항원 조각을 제시하고 보조 T 림프구가 이를 인식하여 활성화된다. 이후 세포독성 T림프구가 활성화되고 활성화된 세포독성 T림프구가 X에 감염된 세포를 직접 파괴한다. (나)에서 ㉠가 먼저 활성이 증가하고 난 후 ㉡의 활성이 증가하여 X의 수가 감소하므로 ㉠은 보조 T 림프구(㉠)이고 ㉡는 세포독성 T림프구(㉡)이다.
- ㉠. ㉠은 보조 T 림프구(㉠)이다.
 - ㉡. 활성화된 세포독성 T림프구에 의해 세포성 면역이 일어나므로 ‘X에 감염된 세포 제거’는 ㉡에 해당한다.
 - ㉢. 구간 I에서는 보조 T 림프구(㉠)와 세포독성 T림프구(㉡)의 활성이 모두 나타나지 않으므로 X에 대한 세포성 면역이 일어나지 못한다.

05 항원 항체 반응

A에서 분리한 혈청을 첨가한 슬라이드에서만 형광이 나타났으며 2차 항체의 형광만 관찰되므로 ㉠은 형광 표지된 항체이고, ㉡는

㉠에 대한 항체이다.

✗. ㉡는 ㉠에 대한 항체이다.

㉢. A에서 분리한 혈청을 첨가한 슬라이드에서만 형광이 나타난 것은 ㉠-㉡-㉢ 복합체가 형성되었음을 의미하므로 A의 혈청에는 ㉠에 대한 항체가 있다. 따라서 A는 X에 감염되었다.

㉣. 특정 항체가 항원의 특정 부위에 결합하는 항원 항체 반응의 특이성을 이용한 실험이다.

06 세균성 질병과 항생제

세균에 의한 질병은 항생제를 이용하여 치료한다. P가 ㉠에 감염된 후 질병이 나타났으므로 ㉠은 P에서 질병을 일으키는 세균이고, ㉡은 P에서 질병을 일으키지 않는 세균이다.

㉢. ㉡은 P에서 질병을 일으키지 않는 세균이다.

㉣. ㉠과 ㉡은 세균으로 모두 세포 구조로 되어 있다.

㉤. 세균 X에 감염되어 ㉡를 복용한 후 ㉠(P에서 질병을 일으키지 않는 세균)이 죽었으므로 항생제는 ㉡에 해당한다.

07 생쥐의 방어 작용 실험

기억 세포는 항원의 2차 침입 시 빠르게 증식·분화하여 기억 세포와 형질 세포를 생성한다. 정상 생쥐의 혈구에는 X에 대한 기억 세포가 있고, 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐의 혈구에는 X에 대한 기억 세포가 없다.

㉠. I에서 분리한 혈구는 III에, II에서 분리한 혈구는 IV에 주사한 후 살아 있는 X를 주사했을 때 X의 수가 III에서 IV에서보다 적으므로 III에서 IV에서보다 X에 대한 방어 작용이 더 활발히 일어났음을 알 수 있다. 따라서 III은 정상 생쥐(I)의 혈구를 주사한 생쥐이고, IV는 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐(II)의 혈구를 주사한 생쥐이다. I은 정상 생쥐이다.

㉡. 보조 T 림프구가 결핍된 생쥐는 B 림프구가 기억 세포와 형질 세포로 분화될 수 없으므로 (나)에서 분리한 혈구 중 X에 대한 기억 세포는 I에서 II에서보다 많다.

㉢. (다)의 III에 정상 생쥐(I)의 혈구에 포함된 기억 세포를 주사했으므로 (라)의 III에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.

08 ABO식 혈액형의 수혈 관계

소량 수혈의 경우 혈액을 주는 사람의 응집원과 받는 사람의 응집소 사이에 응집 반응이 나타나지 않으면 수혈이 가능하다. ABO식 혈액형이 A형과 B형인 사람은 각각 같은 혈액형을 제외하고 O형인 사람으로부터 소량 수혈을 받을 수 있고, AB형인 사람에게만 소량 수혈할 수 있다. O형인 사람은 A형, B형, AB형인 사람에게 소량 수혈할 수 있고 다른 혈액형으로부터는 소량 수혈을 받지 못하며, 반대로 AB형인 사람은 A형, B형, O형인 사람으

로부터 소량 수혈받을 수 있고 다른 혈액형에게 소량 수혈할 수 없다. 제시된 표에서 A형인 사람이 받는 사람일 때, 같은 혈액형을 제외하고 ㉡가 2개, ㉢가 1개이므로 ㉡는 '불가능', ㉢는 '가능'이다. ㉠은 같은 혈액형을 제외하고 모든 혈액형에게 소량 수혈할 수 있으므로 O형이고, ㉣은 같은 혈액형을 제외하고 모든 혈액형으로부터 소량 수혈을 받을 수 있으므로 AB형이다. 따라서 ㉣은 B형이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 주는 사람 받는 사람 | ㉠(O형) | A형 | ㉣(B형) | ㉤(AB형) |
|----------------|-------|--------|--------|--------|
| ㉠(O형) | | ㉡(불가능) | ?(불가능) | ?(불가능) |
| A형 | ㉢(가능) | | ㉢(불가능) | ㉢(불가능) |
| ㉣(B형) | ㉢(가능) | ?(불가능) | | ?(불가능) |
| ㉤(AB형) | ㉢(가능) | ㉢(가능) | ㉢(가능) | |

✗. ㉡는 '불가능'이다.

✗. ㉠은 O형이다.

㉢. ㉤(AB형)인 사람의 적혈구에는 응집원 A와 B가 있고 ㉣(B형)인 사람의 혈장에는 응집소 a가 있으므로 ㉤인 사람의 적혈구와 ㉣인 사람의 혈장을 섞으면 항원 항체 반응이 일어난다.

09 생쥐의 방어 작용 실험

항원의 1차 침입 시 보조 T 림프구가 활성화됨에 따라 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화되고, 형질 세포에서 항체가 생성된다. ㉠과 ㉡이 함께 주사된 경우에 항체가 생성되므로 항원에 대한 항체가 생성되기 위해서는 B 림프구와 보조 T 림프구가 모두 필요함을 알 수 있다.

㉢. ㉠(B 림프구 또는 보조 T 림프구)은 골수에서 생성된다.

✗. (다)의 III에서는 항체가 생성되지 않았으므로 체액성 면역 반응이 일어나지 않았다.

✗. (다)의 IV는 X에 노출된 적이 없고 기억 세포가 없으므로 (다)의 IV에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어나지 않았다.

10 백신

1차 면역 반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 항원을 포함하는 물질을 백신이라 한다. '우두 바이러스에 감염되어 우두에 걸린 사람이 천연두에 걸리지 않는다.'는 관찰 결과를 근거로 우두에 걸린 소의 고름을 이용하여 천연두를 예방하는 백신이 개발되었으므로 우두에 걸린 소의 고름에는 우두 바이러스(항원)가 들어 있다.

㉠. ㉡(우두에 걸린 소의 고름)에는 우두 바이러스(㉠)의 항원이 들어 있다.

㉢. (가)와 (나)의 항원 항체 반응을 통해 ㉠(우두 바이러스)과 ㉣

(천연두 바이러스)에 감염되었을 때 같은 종류의 항체(㉑와 ㉒)가 생성되었으므로 ㉑과 ㉒은 모두 ㉑와 ㉒에 특이적으로 결합하는 항원 부위가 있다.

✗. 항체(㉑와 ㉒)는 형질 세포에서 생성되어 분비된다.

11 생쥐의 방어 작용 실험

대식세포는 식세포 작용(식균 작용)을 하는 동시에 분해한 항원 조각을 제시한다. X를 주사한 I과 III 중 I만 생존하였으므로 I은 정상 생쥐이고, III은 대식세포가 결핍된 생쥐임을 알 수 있다. 항체 농도 그래프를 통해 X에 특이적으로 반응하는 세포독성 T 림프구와 X에 대한 항체 농도가 낮아도 대식세포에 의한 비특이적 방어 작용이 일어나 생존할 수 있음을 알 수 있다.

㉑. I은 정상 생쥐이다.

㉒. (다)의 I은 정상 생쥐이므로 X에 대한 비특이적 방어 작용이 일어났다.

✗. (다)의 II에서 Y에 대한 항체는 형질 세포로부터 생성되었다.

12 생쥐의 방어 작용 실험

X'은 열처리하여 불활성화된 항원이다. (라)의 II에서 X' 주사 후 X에 대한 항원 항체 반응이 일어나지 않았으므로 X'은 X에 대한 항체와 특이적으로 결합하는 항원으로 작용하지 않았음을 알 수 있다.

✗. III에서 Y를 주사하였으므로 Y에 대한 항체는 생성되지만 X에 대한 항체는 생성되지 않는다. 따라서 ㉑는 '일어나지 않음'이다.

✗. X'은 열처리하여 불활성화된 항원으로 X에 대한 항체를 생성하는 항원으로 작용하지 못하여 II에서 항원 항체 반응이 일어나지 않았다. 따라서 X'은 X에 대한 항체와 결합하는 부위가 없다.

㉒. (라)의 III에서 Y에 대한 세포성 면역 반응이 일어났으므로 (라)의 III에서 세포독성 T림프구가 Y에 감염된 세포를 파괴하는 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

13 ABO식 혈액형

A형 적혈구 시약과 B형 적혈구 시약의 원리를 통해 ABO식 혈액형이 A형인 사람의 혈장에는 응집소 β가 있으므로 B형 적혈구 시약과만 응집 반응이 일어남을 알 수 있다. B형인 사람의 혈장에는 응집소 α가 있으므로 A형 적혈구 시약과만 응집 반응이 일어나고, AB형인 사람의 혈장에는 응집소 α와 β가 모두 없으므로 A형 적혈구 시약, B형 적혈구 시약과 모두 응집 반응이 일어나지 않는다. 반대로 O형인 사람의 혈장에는 응집소 α와 β가 모두 있으므로 A형 적혈구 시약, B형 적혈구 시약과 모두 응집 반응이 일어난다. ㉑~㉒의 ABO식 혈액형은 각각 서로 다르다는 내용을 바탕으로 제시된 표를 정리하면 다음과 같다.

| 시약 \ 혈장 | ㉑(B형) | ㉒(O형) | ㉓(A형) | ㉔(AB형) |
|-----------|----------------|-------------------|----------------|-----------|
| A형 적혈구 시약 | 응집됨 (응집소 α) | ㉓(응집됨) (응집소 α) | 응집 안 됨 | ㉔(응집 안 됨) |
| B형 적혈구 시약 | ?(응집 안 됨) | 응집됨 (응집소 β) | 응집됨 (응집소 β) | 응집 안 됨 |

㉑. ㉓는 '응집됨'이다.

✗. ㉑(B형인 사람)의 적혈구에는 응집원 A가 없다.

✗. ㉒(O형인 사람)의 적혈구에는 응집원 A와 B가 모두 없으므로 ㉔(AB형인 사람)의 혈장을 섞으면 항원 항체 반응이 일어나지 않는다.

14 자가 면역 질환

X는 근육 세포의 세포막에 있는 수용체에 대한 항체가 생성되어 근육 세포를 파괴하므로 자가 면역 질환이다.

㉑. X는 자가 면역 질환이다.

㉒. 골격근의 근육 세포와 시냅스를 이루는 원심성 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다. 따라서 아세틸콜린은 ㉑에 해당한다.

✗. ㉓(㉒에 대한 항체)는 형질 세포에서 생성되어 분비된다.

08 유전 정보와 염색체

수능 2점 테스트 본문 118~121쪽

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

01 염색체의 구조

A는 DNA, B는 히스톤 단백질, C는 뉴클레오솜, D는 염색체이다.

㉠. A(DNA)는 간기의 S기에 복제된다.

✕. B(히스톤 단백질)는 아미노산으로 구성되고, DNA는 뉴클레오타이드로 구성된다.

㉡. 하나의 염색체에는 많은 수의 뉴클레오솜이 있다. 체세포 분열 전기의 세포에는 두껍게 응축된 D(염색체)와 D를 이루는 C(뉴클레오솜)가 있다.

02 DNA, 유전자, 염색체, 유전체

㉠은 염색체, ㉡은 유전자, ㉢은 유전체이다.

㉠. 하나의 DNA에는 수많은 유전자(㉡, ㉢)가 있다.

㉡. ㉠(염색체)은 수많은 뉴클레오솜으로 구성되어 있으며, 뉴클레오솜은 DNA와 히스톤 단백질로 구성된다.

㉢. ㉢(유전체)은 한 개체가 가진 모든 염색체(㉠, ㉡)를 구성하는 DNA에 저장된 유전 정보 전체이다. 핵형이 정상인 사람은 23쌍의 염색체(㉠)를 갖는다.

03 염색 분체의 형성과 분리

A와 B는 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이다. 두 염색 분체는 같은 위치에 동일한 대립유전자가 있으므로 대립유전자 구성이 같다. C는 2개의 염색 분체로 구성된 염색체이고, D는 동원체이다.

㉠. A와 B의 대립유전자 구성은 같다.

✕. 방추사는 체세포 분열 전기에 D(동원체) 부위에 부착된다.

✕. P의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 C(염색체)의 수는 46이다.

04 핵형 분석

P의 핵형 분석 결과를 통해 P는 체세포에 X 염색체가 1개 있는 남성임을 알 수 있다. 따라서 P의 체세포에는 7번 염색체가 2개, X 염색체가 1개, Y 염색체가 1개 있고, P의 생식세포는 7번 염색체가 1개, X 염색체 또는 Y 염색체가 1개 있다. (나)를 보면, P의 체세포에서 ㉠, ㉡, ㉢의 개수가 2, 1, 1이 가능하려면 I의

㉢가 2여야 하는데 P는 X 염색체가 1개 있는 남성이므로 조건에 부합하지 않는다. II에서도 마찬가지로 ㉠, ㉡, ㉢의 개수가 2, 1, 1이 가능하려면 ㉢가 2여야 하는데 Y 염색체가 2개인 세포는 없으므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 P의 체세포는 III이고, ㉠은 2, ㉡는 1, ㉢는 0이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 염색체 | ㉠ (7번 염색체) | ㉡ (X 염색체) | ㉢ (Y 염색체) |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|
| I (P의 생식세포) | 1(㉡) | 0(㉢) | 1(㉠) |
| II (Q(여자)의 체세포) | 2(㉠) | 2(㉡) | 0(㉢) |
| III (P의 체세포) | 2(㉠) | 1(㉡) | 1(㉢) |

㉠. I (P의 생식세포)에는 Y 염색체가 있다.

㉡. ㉠은 2이다.

✕. Q는 체세포에 X 염색체가 2개인 여자이고, P는 남성이므로 핵형이 서로 다르다.

05 핵상과 핵형

핵상은 한 세포에 들어 있는 염색체의 구성 상태로 염색체의 상대적인 수로 표시한다. 핵형은 한 생물이 가진 염색체의 수, 모양, 크기 등과 같이 관찰할 수 있는 염색체의 형태적인 특징으로, 생물종의 고유한 특성이다. 같은 종의 생물에서는 성별이 같으면 핵형이 같다. 서로 다른 종의 두 생물에서 체세포의 핵상(㉠)이 같을 수 있으나 종이 다르므로 핵형(㉡)은 서로 다르다.

✕. 핵상(㉠)에는 한 세포에 들어 있는 염색체의 상대적인 수에 대한 정보는 포함되어 있지만, 염색체의 모양과 크기에 대한 정보는 포함되어 있지 않다.

✕. 남자와 여자는 성염색체의 구성이 다르므로 핵형(㉡)이 서로 다르다.

㉢. 체세포 분열 중기 세포의 염색체 사진을 이용해 핵형(㉡)을 분석할 수 있다.

06 체세포 분열의 특징

체세포 분열의 간기 중 G₁기에는 세포가 가장 많이 성장하고, S기에는 핵에서 DNA 복제가 일어나고, 세포가 성장하며, G₂기에는 세포가 성장하면서 세포 분열을 준비한다. M기(분열기)에는 핵분열과 세포질 분열이 일어난다. 히스톤 단백질은 체세포 분열의 모든 시기의 세포에 있으며, 방추사가 형성되어 동원체에 부착된다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 구분 | 특징의 개수 |
|---|--------|
| ㉠(G ₁ 기 또는 G ₂ 기) | ㉡(3) |
| ㉡(G ₂ 기 또는 G ₁ 기) | ㉡(3) |
| ㉢(S기) | 4 |
| ㉠(M기) | 1 |

- ㉠. a는 3이다.
- ✕. S기에 DNA 복제가 일어나므로 핵 1개당 DNA 양은 ①(G_1 기 또는 G_2 기) 시기의 세포와 ②(G_2 기 또는 G_1 기) 시기의 세포가 같지 않다.
- ✕. 체세포 분열이므로 ③(M 기) 시기에 상동 염색체는 분리되지 않고 염색 분체가 분리된다.

07 핵형

- (가)의 핵상은 $2n$ 이고 크기와 모양이 같은 3쌍의 상동 염색체가 있으므로 암컷 II의 세포이다. (나)와 (다)는 수컷 I의 세포이고, (나)와 (다)는 수컷의 세포이므로 크기가 서로 다른 염색체(회색 염색체)가 성염색체임을 알 수 있으며, (나)에는 Y 염색체가, (다)에는 X 염색체가 있다. ㉠은 X 염색체이고, ㉡은 상염색체이다.
- ✕. ㉠은 X 염색체이다.
 - ✕. (다)는 I의 세포이다.
 - ㉢. I과 II는 $2n=6$ 인 동물이므로 2쌍의 상염색체와 1쌍의 성염색체를 갖는다.
- 따라서 $\frac{\text{II의 생식세포 1개당 상염색체의 수}}{\text{I의 체세포 1개당 X 염색체의 수}} = \frac{2}{1} = 2$ 이다.

08 체세포 분열과 DNA 상대량 변화

- ㉠은 중기 세포, ㉡은 후기 세포, ㉢은 전기 세포이다. 구간 I에는 간기의 G_1 기의 세포가 있고, 구간 II에는 간기의 G_2 기부터 분열기 말기의 어느 한 시점까지의 세포가 있다.
- ㉠. 체세포 분열의 후기에 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동하므로 ㉡(후기 세포)에서 염색 분체의 분리가 일어났다.
 - ✕. ㉢은 구간 II에서 관찰된다.
 - ㉢. 히스톤 단백질은 체세포 분열 과정의 모든 시기의 세포에 있으므로 ㉠~㉢에는 모두 히스톤 단백질이 있다.

09 감수 분열과 DNA 상대량 변화

세포 1개당 X 염색체 수는 0개, 1개, 2개가 가능하며, ㉠ > ㉡ > ㉢이라 하였으므로 ㉠은 2, ㉡은 1, ㉢은 0이다. I은 A, B, b의 DNA 상대량을 더한 값(A+B+b)이 3이고 X 염색체가 2개이므로 B와 b의 DNA 상대량의 합이 2이고, A의 DNA 상대량이 1임을 알 수 있다. 따라서 I은 여자 Q의 핵상이 $2n$ 인 G_1 기 세포이다. II에서 A+B+b의 값이 1이고 X 염색체 수가 0이므로 남자 P의 생식세포임을 알 수 있다. III에서 A+B+b의 값이 2이고 X 염색체 수는 1이므로 남자 P의 감수 2분열 중기 세포임을 알 수 있다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | A+B+b | 유전자형 | X 염색체 수 |
|----------------------|-------|---|---------|
| I (G_1 기, Q) | 3 | $AaX^B X^b$ 또는 $AaX^B X^B$ 또는 $AaX^b X^b$ | ㉠(2) |
| II(생식세포, P) | 1 | AY | ㉡(0) |
| III(감수 2분열 중기 세포, P) | 2 | aX^B 또는 aX^b | ㉢(1) |

- ㉠. I은 Q의 세포이다.
 - ㉡. P와 Q의 체세포는 모두 a를 갖는다.
 - ✕. II의 Y 염색체 수는 1이고, III의 Y 염색체 수는 0이므로 서로 다르다.
- ### 10 세포 주기
- 구간 I에는 G_1 기의 세포가 포함되어 있고, II에는 G_2 기의 세포와 M기(분열기)의 세포 일부가 포함되어 있다. ㉠은 동물체에 결합하는 방추사이다.
- ✕. ㉡(방추사)는 분열기에 관찰할 수 있으므로 구간 I에 있는 세포에서는 관찰되지 않는다.
 - ㉢. (나)는 모든 염색체가 세포 중앙(적도판)에 배열되었으므로 중기 세포이다. 따라서 구간 II에는 (나) 시기의 세포가 있다.
 - ✕. 염색체를 이루는 염색 분체는 DNA가 복제되어 형성된 것이다. ㉠과 ㉡은 상동 염색체로 각각 부모로부터 물려받은 것이다.

11 감수 분열과 대립유전자의 유무

I은 핵상이 $2n$ 인 G_1 기 세포, II와 III은 핵상이 n 인 감수 2분열 중기 세포, IV는 핵상이 n 인 생식세포이다. III에 A와 a가 모두 없으므로 A와 a가 X 염색체에 있는 대립유전자이고, B와 b는 상염색체에 있는 대립유전자임을 알 수 있다. 따라서 P의 ㉡의 유전자형은 $X^A Y B b$ 이거나 $X^A Y B b$ 이다. I로부터 형성된 II와 III에는 각각 X^A 또는 Y 염색체가 있어야 한다. ㉠과 ㉡은 'O'와 'x'를 순서 없이 나타낸 것이라 하였으므로 ㉠이 'x'이고, ㉡이 'O'이면 I로부터 형성된 II와 III이 모두 A와 a가 없는 세포가 되므로 모순된다. 따라서 ㉠이 'O', ㉡이 'x'이다. III에 B 또는 b가 있는 상염색체가 1개 있는데 B는 없으므로 b가 있는 상염색체가 있음을 알 수 있다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 유전자형 | A (X 염색체) | a (X 염색체) | B (상염색체) |
|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|
| I ($2n$) | $X^A Y B b$ | O | x | O |
| II (n) | $X^A X^A B B$ | ㉠(O) | x | ㉡(O) |
| III (n) | $Y Y b b$ | x | x | ㉢(x) |
| IV (n) | $Y b$ | ?(x) | ?(x) | ?(x) |

(O: 있음, x: 없음)

Ⅹ. I에서 A의 DNA 상대량은 1이고, II에서 A의 DNA 상대량은 2이므로 서로 다르다.

Ⅹ. II의 X 염색체 수는 1이다.

㉠. IV에서 A, B, b의 DNA 상대량을 더한 값은 $0+0+1=1$ 이다.

12 감수 분열과 DNA 상대량의 변화

남자와 여자의 체세포에서 상염색체 수는 같고, X 염색체 수는 여자가 남자의 2배이다. A와 a는 상염색체에 있고, B와 b는 X 염색체에 있다고 하였으므로 여자 Q는 유전자형과 관계 없이 A, a, B, b의 DNA 상대량을 더한 값이 G_1 기 세포에서는 4, 감수 1분열 중기 세포 또는 체세포 분열 중기 세포에서는 8, 감수 2분열 중기 세포에서는 4, 생식세포에서는 2가 된다. 남자 P는 유전자형에 관계 없이 A, a, B, b의 DNA 상대량을 더한 값이 G_1 기 세포에서는 3, 감수 1분열 중기 세포 또는 체세포 분열 중기 세포에서는 6, 감수 2분열 중기 세포에서는 X 염색체가 있으면 4, Y 염색체가 있으면 2이며, 생식세포에서도 X 염색체가 있으면 2, Y 염색체가 있으면 1이 된다. 따라서 I은 P의 G_1 기 세포, III은 Q의 감수 1분열 중기 세포 또는 체세포 분열 중기 세포이다. I에서 A와 B의 DNA 상대량 합은 0이고 a와 b의 DNA 상대량 합이 3이므로 P의 ㉡와 ㉢의 유전자형이 aaX^bY 임을 알 수 있다. IV에서 A와 B의 DNA 상대량 합은 1이고 a와 b의 DNA 상대량 합도 1이므로 IV에는 aX^B 또는 AX^b 가 들어 있으며, IV는 생식세포임을 알 수 있다. 이와 같은 조합은 I로부터 형성될 수 없으므로 IV는 Q의 생식세포이다. 주어진 내용을 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 유전자형 | 핵상 | DNA 상대량 | |
|---|--|---------|---------|-----|
| | | | A+B | a+b |
| I G_1 기, P | aaX^bY | $?(2n)$ | 0 | 3 |
| II 감수 2분열 중기, P | $aaYY$ | n | 0 | 2 |
| III 감수 1분열 중기 또는 체세포 분열 중기, Q | $AAaaX^BX^BX^BX^B$ 또는 $AAAAX^BX^BX^bX^b$ | $?(2n)$ | 6 | 2 |
| IV 생식세포, Q | aX^B 또는 AX^b | n | 1 | 1 |

㉠. I은 P의 세포이다.

Ⅹ. P의 ㉡의 유전자형은 aa 이고, Q의 ㉢의 유전자형은 Aa 또는 AA 이므로 서로 다르다.

Ⅹ. II에서 X 염색체 수는 0이고, IV에서 X 염색체 수는 1이므로 서로 다르다.

13 체세포 분열의 세포 주기

세포당 DNA 양이 2, 4가 있으므로 2인 I은 DNA 복제가 일어나기 전인 G_1 기 세포이고, 4인 III은 DNA 복제가 일어난 후인 G_2 기 세포이며, 나머지 세포는 DNA 복제가 일어나고 있는 S기 세포이다. 따라서 I은 G_1 기 세포, II는 S기 세포, III은 G_2 기 세포이다.

㉠. I (G_1 기 세포)은 간기에 해당하므로 핵막이 관찰된다.

㉡. 체세포 분열 과정 전체에 걸쳐 핵상은 변하지 않으므로 II(S기 세포)와 III(G_2 기 세포)의 핵상은 모두 $2n$ 이다.

㉢. 세포 주기에서 각 시기를 진행하는 동안 걸리는 시간은 각 시기에 해당하는 세포 수에 비례한다고 하였다. DNA 복제는 S기에 일어난다. 세포 수의 비율을 따져 보았을 때 S기는 30%, M기(분열기)는 5%이므로 DNA 복제에 걸리는 시간은 M기(분열기)가 진행되는 데 걸리는 시간보다 길다.

14 핵상과 핵형

㉠이 Y 염색체 수이고, ㉡이 X 염색체 수이면, (가)는 핵상이 n 이고 Y 염색체가 1개, 상염색체가 6개 있는 수컷($2n=12+XY$)의 세포이다. (나)는 핵상이 n 이고 상염색체가 2개, Y 염색체가 1개 있는 수컷($2n=4+XY$)의 세포, (다)는 핵상이 n 이고 상염색체가 3개, X 염색체가 1개 있는 성을 알 수 없는 개체($2n=6+X$)의 세포, (라)는 핵상이 n 이고 상염색체가 2개, X 염색체가 1개 있는 성을 알 수 없는 개체($2n=4+X$)의 세포이다. A~C가 2가지 종으로 구분된다고 하였는데, 이 경우에는 적어도 3가지의 종으로 구분되므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉠이 X 염색체 수이고, ㉡이 Y 염색체 수이다. (가)는 상염색체 수가 6이고 X 염색체 수가 2이면서 핵상이 $2n$ 인 암컷의 세포이다. (나)는 상염색체 수가 2이고 X 염색체 수가 1, Y 염색체 수가 0이므로 핵상이 n 이다. (다)는 상염색체 수가 3, X 염색체 수가 0, Y 염색체 수가 1이므로 핵상이 n 인 수컷의 세포이다. 같은 원리로 (라)도 핵상이 n 인 수컷의 세포이다. 같은 종의 생물은 핵상이 $2n$ 인 세포의 총염색체 수가 같다. 어떤 개체의 세포인 (나)로부터 이 개체의 핵상이 $2n$ 인 세포는 총염색체 수가 6임을 알 수 있다. 같은 원리로 (다)로부터 이 개체의 핵상이 $2n$ 인 세포는 총염색체 수가 8이며, (라)로부터 이 개체의 핵상이 $2n$ 인 세포는 총염색체 수가 6이다. A와 B는 같은 종이고 성이 다르며, A와 C의 성은 같다고 하였으므로 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 개체 | 성 | 상염색체 수 | ㉠ (X 염색체 수) | ㉡ (Y 염색체 수) |
|-----|----|----|--------|----------------|----------------|
| (가) | B | 암컷 | 6 | $?(2)$ | 0 |
| (나) | C | 수컷 | 2 | 1 | 0 |
| (다) | A | 수컷 | 3 | 0 | 1 |
| (라) | C | 수컷 | 2 | 0 | 1 |

✕. (가)는 B의 세포이다.

㉠. C의 감수 1분열 중기 세포는 핵상과 염색체 수가 $2n=6$ 이므로 세포 1개당 염색 분체 수는 12이다.

㉡. (나)와 (라)는 모두 C의 세포이다.

15 감수 분열과 대립유전자의 상대량 변화

P의 세포 I에는 A와 b가 있고 d가 없으며, 세포 III에는 A와 d가 있고 b가 없으므로 두 세포 모두 핵상이 n 인 세포임을 알 수 있다. I은 중기의 세포라고 하였으므로 감수 2분열 중기 세포이고, A, b, D가 있으므로 a와 D의 DNA 상대량을 더한 값은 2가 된다. 따라서 ㉠은 2이다. III에는 A, B, d가 있으므로 a와 D의 DNA 상대량을 더한 값이 0이 된다. 따라서 ㉢는 0, ㉤는 1이 된다. 세포 II에서 a와 D의 DNA 상대량을 더한 값이 1이 되려면 a 또는 D가 있어야 하므로 II는 핵상이 $2n$ 이면서 G_1 기의 세포임을 알 수 있다. 이때 a가 있으면 P의 ㉦의 유전자형이 AaBbdd가 되므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 대립유전자 | | | a+D | 시기 |
|-----|-------|------|---|------|-----------|
| | A | b | d | | |
| I | ○ | ○ | × | ㉠(2) | 감수 2분열 중기 |
| II | ○ | ?(○) | ○ | ㉢(1) | G_1 기 |
| III | ○ | × | ○ | ㉤(0) | 생식세포 |

(○: 있음, ×: 없음)

㉠. ㉠은 2이다.

✕. II의 핵상은 $2n$ 이고 III의 핵상은 n 이므로 서로 다르다.

✕. P의 ㉦의 유전자형은 AABbDd이므로 P에게서 a, B, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다.

16 체세포 분열과 감수 분열의 비교

체세포 분열과 감수 분열에서는 모두 간기(S기)에 DNA 복제가 1회 일어나며, 핵분열은 체세포 분열에서 1회 일어나고 감수 분열에서 연속 2회 일어난다. 감수 1분열 전기에서는 상동 염색체의 접합이 일어나 2가 염색체를 형성한다. I은 체세포 분열, II는 감수 분열이다.

✕. ㉠은 1, ㉡는 2로 서로 다르다.

㉢. 감수 분열에서만 상동 염색체의 접합이 일어나 2가 염색체가 형성되므로 2가 염색체는 ㉢에 해당한다.

㉣. I(체세포 분열)과 II(감수 분열)에서는 모두 염색 분체의 분리가 일어난다.

수능 3점 테스트

본문 122~127쪽

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

01 염색체의 구조

염색체에서 DNA는 히스톤 단백질질을 감아 뉴클레오솜을 형성하며, 하나의 염색체는 많은 수의 뉴클레오솜으로 이루어진다. 세포가 분열할 때 염색체는 두껍게 응축하고 분열하지 않을 때에는 가는 실 모양으로 풀어져 있다.

㉠. 어떤 형질의 유전자형이 Rr이고 이 남자의 염색체 ㉦에는 대립유전자 R가 있으므로 ㉦의 상동 염색체에는 대립유전자 r가 있어야 한다. 만약 성염색체에 R와 r가 있으면 이 남자의 유전자형이 Rr일 수 없으므로 ㉦는 상염색체이다.

㉢. (나)는 염색체가 풀어져 있는 상태이므로 세포가 분열하지 않을 때 관찰한 모습이다. 따라서 t는 체세포 분열 간기에 속한다.

✕. ㉠(DNA)에는 유전자가 있지만 ㉡(히스톤 단백질)에는 유전자가 없다.

02 세포 주기

(가)는 체세포 세포 주기이므로 ㉠은 S기, ㉡은 체세포 분열 분열기(M기), ㉢은 G_1 기이다. (나)는 생식세포 형성 과정이므로 ㉣는 S기, ㉤는 감수 1분열, ㉥는 감수 2분열, ㉦는 G_1 기이다.

㉠. 체세포 분열의 ㉠(S기) 세포에서와 감수 분열의 ㉢(S기) 세포에서 모두 핵막이 관찰된다.

㉢. 체세포 분열의 ㉢(M기) 세포에서와 ㉤(감수 2분열) 세포에서는 모두 염색 분체의 분리가 일어난다. 따라서 모두 (다)와 같은 변화가 일어난다.

✕. 체세포 분열의 ㉤(G_1 기) 세포와 감수 분열의 ㉦(G_1 기) 세포는 핵상이 모두 $2n$ 으로 같다.

03 핵형 분석

핵상이 $2n$ 인 동물의 세포에는 상동 염색체가 쌍을 이루고 있으며, 수컷이면 X 염색체와 Y 염색체가 각각 1개씩 있고, 암컷이면 X 염색체가 2개 있다. 핵상이 n 인 세포의 염색체 수는 핵상이 $2n$ 일 때 염색체 수의 절반이고, 성염색체가 1개 있다. 주어진 표에서 상동 염색체 쌍의 수가 0이면 핵상이 n 인 세포를 의미하며, 상동 염색체 쌍의 수가 1 이상이면 핵상이 $2n$ 인 세포를 의미한다. (가)에서 상동 염색체 쌍의 수가 0이므로 핵상이 n 인 세포이며, 상염색체 수와 ㉠의 수를 더한 값이 3이므로 상염색체 수가 2, ㉠의 수가 1이며, $n=3$ 인 세포이다. (나)에서 상동 염색체 쌍의 수가 2이므로 핵상이 $2n$ 인 세포이며, 상염색체 수와 ㉠(X 염색체 또는 Y 염색체)의 수를 더한 값이 4이므로 상염색체 수가 2, ㉠의 수가 2이며, $2n=4$ 인 암컷 세포이다. ㉠이 Y 염색체이면

㉠의 수가 2가 될 수 없으므로 ㉠은 X 염색체이다. (다)와 (라)에서 상염색체 수와 ㉠(X 염색체)의 수의 합이 각각 5이므로 상염색체 수는 4이고, ㉠(X 염색체)의 수는 1이며, $2n=6$ 인 수컷 세포이다. A~C는 2가지 중으로 구분되고, (가)~(라) 중 2개는 A의 세포이며, (다)와 (라)는 서로 다른 개체의 세포이므로 (가)와 (나) 중 1개는 (다) 또는 (라)의 개체와 같은 개체로부터 생성된 세포여야 한다. (다)와 (라)가 모두 $2n=6$ 인 세포이므로 (가)는 (다) 또는 (라)의 개체와 같은 개체로부터 생성된 수컷의 세포이다. 이를 바탕으로 주어진 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 상동 염색체 쌍의 수 | ㉠의 수 | 상염색체 수 + ㉠의 수 | 핵상 / 개체 / 성별 |
|-----|-------------|------|---------------|----------------------|
| (가) | 0 | ㉠(1) | 3 | $n=3$ / A / 수컷 |
| (나) | 2 | ㉠(2) | 4 | $2n=4$ / B / 암컷 |
| (다) | ?(3) | ?(1) | 5 | $2n=6$ / A 또는 C / 수컷 |
| (라) | ?(3) | ?(1) | 5 | $2n=6$ / C 또는 A / 수컷 |

✕. ㉠+㉡=1+2=3이다.

○. ㉠은 X 염색체이다.

○. 체세포 분열 중기의 세포 1개당 $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 B는 $\frac{2}{2}=1$

이고, C는 $\frac{4}{1}=4$ 이므로 B가 C보다 작다.

04 핵형 분석

핵형 분석은 체세포 분열 중기 세포를 이용해 분석한다. 방추사가 짧아지는 것을 억제하면 세포 분열의 중기(㉠)에서 후기(㉡)로 진행되지 않는다.

✕. ㉠(중기) 세포에서는 핵막을 관찰할 수 없다.

○. 핵형 분석은 체세포 분열 중기의 세포를 이용한다. X에 의해 P의 혈액에 있는 체세포(백혈구)의 세포 분열이 촉진되었다.

✕. ㉡의 핵형 분석 결과를 보면, 상염색체 수는 2, 총염색체 수는 47이다. ㉡ 1개당 $\frac{\text{염색 분체 수}}{\text{성염색체 수}} = \frac{47 \times 2}{2} = 47$ 이다.

05 감수 분열과 DNA 상대량의 변화

(가)는 모양과 크기가 같은 3쌍의 상동 염색체가 있으므로 암컷 Q의 핵상이 $2n$ 인 세포이며, (나)는 Q에서 관찰할 수 없는 염색체(Y 염색체)가 있으므로 수컷 P의 핵상이 n 인 세포이다. (가)에서 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0, 1, 2 중 하나이며, (나)에서 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0 또는 2이다. 표의 II에서 B와 b의 DNA 상대량이 각각 1이므로 핵상이 $2n$ 인 세포이고, ㉠

는 0이 아니다. 또한 ㉡가 2인 경우 II에서 D와 d의 상대량의 합이 3이 되는데, 대립유전자 쌍의 DNA 상대량 합이 2보다 클 수 없으므로 ㉡는 2가 아니다. 다음의 가능한 세 가지 경우로 나누어 생각해 보자.

i) ㉠가 1, ㉡가 2, ㉢가 0인 경우, II에서 A와 a, D와 d가 모두 X 염색체에 있는 수컷의 세포가 되는데, ㉣~㉤의 유전자 중 1개만 X 염색체에 있으므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. ii) ㉠가 2, ㉡가 1, ㉢가 0인 경우, II에서 D와 d가 X 염색체에 있음을 알 수 있다. 그러나 IV에서도 A와 a가 X 염색체에 있는 모순된 상황이 생기므로 이 경우도 옳지 않다. iii) ㉠가 2, ㉡가 0, ㉢가 1인 경우를 표에 적용하여 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | DNA 상대량 | | | | | |
|--------------|---------|------|------|------|------|------|
| | A(상) | a(상) | B(X) | b(X) | D(상) | d(상) |
| I (Q) | 2 | 0 | ㉢(2) | 0 | ?(2) | 0 |
| II ((가), Q) | ㉢(2) | 0 | 1 | 1 | ㉣(1) | 1 |
| III ((나), P) | 2 | ?(0) | ㉤(0) | ㉤(0) | 0 | 2 |
| IV (P) | 0 | ㉣(1) | 1 | 0 | 0 | ?(1) |

이 경우 주어진 조건에 부합하므로 ㉠는 2, ㉡는 0, ㉢는 1이며, I과 II는 Q의 세포, III과 IV는 P의 세포이다. P의 ㉣~㉤의 유전자형은 AaX^BYd 이고, Q의 ㉣~㉤의 유전자형은 $AAAX^bX^bDd$ 이다.

✕. ㉡는 0이다.

○. IV는 P의 세포이다.

○. ㉣의 유전자는 X 염색체에 있다.

06 감수 분열과 DNA 상대량의 변화

남자의 감수 분열에서 상염색체에 있는 대립유전자는 감수 분열 과정에서 형성되는 모든 세포에 있으며, X 염색체에 있는 대립유전자는 있을 수도 있고 없을 수도 있다. (가), (다), (마)에서 DNA 상대량이 1인 대립유전자가 있으므로 (가), (다), (마)는 감수 2분열 중기의 세포인 II와 III이 될 수 없다. 따라서 (나)와 (라)가 각각 II와 III 중 하나이다. (가), (다), (마)는 G_1 기 세포 또는 생식세포인데, 이 중 (마)만 A를 가지므로 (마)가 G_1 기 세포 I이다. 따라서 (가)와 (다)는 각각 IV와 V 중 하나이다. ㉠~㉢는 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이라 하였는데, ㉡가 2이면 (가)가 핵상이 $2n$ 인 G_1 기 세포여야 하므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. (다)의 ㉢가 2이면 (다) 또한 G_1 기 세포가 되므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉢가 2이고, ㉠와 ㉡가 각각 0과 1 중 하나이다. (가)와 (다)는 생식세포인데 ㉣이 대립유전자 B이면 ㉠와 ㉡가 모두 0이 되어야 하므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉣은 대립유전자 a이다. (나)와 (라) 중 하나의 세포로부터 (가) 또는 (다)와 같은 생식세포가 형성되어야 하는데, (라)로부터 (가), (다)는 형성될 수 없으므로 (라)는 II이고, (나)는 III이

며, (가)는 Ⅲ(나)으로부터 형성된 Ⅳ, (다)는 Ⅴ이다. 따라서 ㉠은 0, ㉢는 1이다. 이를 통해 P의 ㉡의 유전자형은 $AabbX^D Y$ 임을 알 수 있다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | DNA 상대량 | | | |
|-------|---------|------|------|---------|
| | A(상) | b(상) | D(X) | ㉠(a)(상) |
| (가) Ⅳ | 0 | 1 | ㉠(0) | ㉢(1) |
| (나) Ⅲ | 0 | 2 | 0 | ?(2) |
| (다) Ⅴ | 0 | 1 | 1 | ㉢(1) |
| (라) Ⅱ | ㉡(2) | 2 | ㉡(2) | ?(0) |
| (마) Ⅰ | 1 | ㉡(2) | 1 | ?(1) |

㉠. D는 X 염색체에 있다.

㉡. ㉠은 0이다.

㉢. P의 ㉡의 유전자형은 $AabbX^D Y$ 이므로 P에게서 a, B, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다.

07 감수 분열과 대립유전자의 유무

(가)는 X 염색체 수가 2이므로 Q의 세포이며, 핵상은 $2n$ 인 세포이다. (나)와 (다)는 (가)에 없는 ㉠이 있으므로 P의 세포이며, (나)는 대립유전자 3쌍 중 4개가 있으므로 핵상이 $2n$ 인 세포, (다)는 핵상이 n 인 세포이다. (가)~(마) 중 P의 세포가 3개, Q의 세포가 2개이므로 (라)는 Q의 세포이면서 핵상이 n 인 세포, (마)는 P의 세포이면서 핵상이 n 인 세포이다. (가)는 X 염색체 수가 2이고 $a+B+D$ 의 값이 4이므로 3쌍의 대립유전자 중 한 쌍은 동형 접합성, 두 쌍은 이형 접합성을 알 수 있으며, ㉠이 a, B, D가 아니며 A, b, d 중 하나임을 알 수 있다. (다)는 X 염색체 수가 0인데 ㉡과 ㉠이 있으므로 ㉡과 ㉠은 상염색체에 있고, 대립유전자가 아니다. (다)에서 X 염색체는 없고 $a+B+D$ 의 값이 1이므로 ㉡과 ㉠은 B와 d이거나 b와 D이다. (가)를 통해 알아낸 정보와 연결하여 ㉠이 b, ㉠이 D 또는 ㉠이 d, ㉠이 B임을 알 수 있다. (라)와 (마)에서 ㉠, ㉡, ㉢은 대립유전자가 아니고, ㉠, ㉡, ㉢이 대립유전자가 아니므로 ㉠의 대립유전자는 ㉠이며, ㉠도 상염색체에 있는 유전자이다.

만약, ㉠이 b, ㉠이 D이면, ㉠은 B가 된다. (라)에서 ㉠(B), ㉡, ㉢이 있고, $a+B+D$ 의 값이 1이므로 a는 없다. 이때 (나)에는 ㉠(B), ㉡(D), ㉢(b), ㉠이 있고, $a+B+D$ 의 값이 4이므로 a 없이 4가 되려면 B와 D의 DNA 상대량이 모두 2여야 하는데 ㉢(b)도 있으므로 G_1 기 세포이면서 $2n$ 인 세포의 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉠이 d, ㉠이 B이고, ㉠은 D이다. 또한, ㉡은 X 염색체에 있는 A와 a 중 하나이다. ㉠이 A이면 (마)에서 $a+B+D$ 의 값이 3이 될 수 없으므로 ㉡은 a이다. 지금까지 알게 된 내용을 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | 대립유전자 | | | | | | $a+B+D$ | X 염색체 수 |
|-------------|-------|-----------|-----------|------|------|------|---------|---------|
| | ㉠(D) | ㉡(b 또는 A) | ㉢(A 또는 b) | ㉣(B) | ㉤(d) | ㉥(a) | | |
| (가) $2n, Q$ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | 4 | 2 |
| (나) $2n, P$ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | 4 | 1 |
| (다) n, P | × | × | × | ○ | ○ | × | 1 | 0 |
| (라) n, Q | ○ | ○ | ○ | × | × | × | 1 | 1 |
| (마) n, P | ○ | × | × | ○ | × | ○ | 3 | 1 |

(○: 있음, ×: 없음)

따라서 P의 ㉡의 유전자형은 $X^A Y B B D d$, Q의 ㉡의 유전자형은 $X^A X^a B b D D$ 임을 알 수 있다.

㉠. (나)는 P의 세포이다.

㉡. ㉢은 B이다.

㉢. P에게서 a, B, d를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.

08 생식세포 형성 과정과 수정

정자 Ⅲ과 난자 Ⅵ이 수정되어 남자인 자녀가 태어났으므로 Ⅲ에는 Y 염색체가 있다. Ⅰ~Ⅵ에 있는 X 염색체 수와 Y 염색체 수를 표로 정리하면 다음과 같다.

| 구분 | Ⅰ(P) | Ⅱ(Q) | Ⅲ(P) | Ⅳ(P) | Ⅴ(P) | Ⅵ(Q) |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| X 염색체 수 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Y 염색체 수 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

6개 세포 중 Y 염색체 수가 2개인 세포는 없으므로 합이 3이 되는 조합은 불가능하다. 따라서 ㉠은 Y 염색체, ㉡은 X 염색체이다. X 염색체 수의 합이 3이 되려면 Ⅱ와 Ⅰ, Ⅴ, Ⅵ의 조합이 가능하며, 0이 되려면 Ⅲ과 Ⅳ의 조합만 가능하다. ㉢ > ㉣ > ㉤이고, 어떤 두 세포의 Y 염색체 수의 합이 2보다 클 수 없으므로 ㉢=2, ㉣=1, ㉤=0이다. 따라서 X 염색체 수의 합이 3이 되는 조합은 Ⅱ와 Ⅰ의 조합이며, 0이 되는 조합은 Ⅲ과 Ⅳ, 나머지 2가 되는 조합은 Ⅴ와 Ⅵ이다. (다)와 (마)는 남자의 세포이므로 (다)는 Ⅰ이고, (라)는 Ⅱ이며, (마)는 Ⅴ, (바)는 Ⅵ이다. (가)와 (나)는 각각 Ⅲ과 Ⅳ 중 하나이다.

㉠. (다)의 Y 염색체 수는 1이고, (라)의 Y 염색체 수는 0이므로 ㉢는 1이다.

㉡. (마)는 Ⅴ이다.

㉢. $\frac{\text{(라)의 염색체 수}}{\text{(나)의 염색체 수}} = \frac{46 \times 2}{1} = 92$ 이다.

09 생식세포 형성 과정과 수정

감수 1분열 중기 세포(Ⅰ, Ⅱ)의 핵상은 $2n$ 이며 각 대립유전자

의 DNA 상대량은 0, 2, 4 중 하나이다. 감수 2분열 중기 세포(Ⅲ, Ⅳ)의 핵상은 n 이며 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0과 2 중 하나이다. 생식세포(Ⅴ, Ⅵ)의 핵상은 n 이며 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0과 1 중 하나이다. 이를 바탕으로 B의 DNA 상대량이 4인 ㉠이 감수 1분열 중기 세포임을 알 수 있다. A와 a의 DNA 상대량의 합이 2이므로 A와 a는 X 염색체에, B와 b는 상염색체에 있으며, ㉡이 남자 Q의 감수 1분열 중기 세포인 Ⅱ임을 알 수 있다. ㉢의 DNA 상대량을 통해 Q의 ㉣~㉤의 유전자형이 $X^A Y B b D$ 임을 알 수 있다. D와 d의 DNA 상대량이 각각 2인 ㉥은 핵상이 $2n$ 인 세포이므로 여자 P의 감수 1분열 중기 세포인 Ⅰ이다. 여자는 X 염색체가 2개이고 ㉥의 DNA 상대량을 통해 P의 ㉦~㉧의 유전자형이 $A a B b D d$ 임을 알 수 있다. ㉨과 ㉩는 각각 Ⅴ와 Ⅵ 중 하나인데, ㉨의 a의 DNA 상대량이 1이므로 Ⅰ로부터 형성된 Ⅴ임을 알 수 있다. 따라서 ㉨은 Ⅵ이다. ㉨(Ⅴ)에는 a와 d가 있고, 상염색체에 있는 B도 있어야 한다. 따라서 Ⅲ에도 a, B, d가 있어야 한다. ㉨(Ⅵ)에는 A, D가 있고 상염색체에 있는 B가 있어야 한다. 이때, A는 X 염색체에 있으므로 Ⅳ에는 Y 염색체가 있어 A와 a가 모두 없어야 한다. 따라서 a가 있는 ㉦는 Ⅲ이고, ㉧은 Ⅳ이다. ㉥에는 Y 염색체와 상염색체만 있으므로 ㉥에 있는 d는 상염색체에 있는 대립유전자이다. 따라서 A와 a는 X 염색체에 있고, B와 b, D와 d는 같은 상염색체에 있다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | DNA 상대량 | | | | | |
|------|---------|------|------|------|------|------|
| | A(X) | a(X) | B(상) | b(상) | D(상) | d(상) |
| ㉠(Ⅲ) | ?(0) | 2 | 2 | 0 | 0 | ?(2) |
| ㉡(Ⅱ) | 2 | 0 | 4 | ?(0) | ?(2) | 2 |
| ㉢(Ⅵ) | 1 | ?(0) | ?(1) | 0 | 1 | 0 |
| ㉣(Ⅳ) | 0 | ?(0) | 2 | 0 | ?(0) | 2 |
| ㉤(Ⅰ) | ?(2) | 2 | ?(2) | 2 | 2 | 2 |
| ㉥(Ⅴ) | 0 | 1 | ?(1) | 0 | 0 | 1 |

따라서 P의 ㉣~㉤의 유전자형은 $X^A X^a / B d / b D$, Q의 ㉣~㉤의 유전자형은 $X^A Y / B d / B D$ 이다.

Ⅹ. ㉥은 Ⅳ이다.

Ⅺ. Ⅰ에서 B와 D는 다른 염색체에 있으므로 Ⅰ의 감수 분열 결과 B와 D를 모두 갖는 생식세포는 형성될 수 없다.

㉢. Ⅴ와 Ⅵ이 수정되어 자녀가 태어날 때, Ⅵ에 X 염색체가 있으므로 이 자녀의 성별은 여자이다.

10 감수 분열과 DNA 상대량의 변화

㉠~㉥은 각각 상염색체와 X 염색체 중 하나라 하였는데, (나)에 Y 염색체(검은색), 상염색체, ㉡이 있으므로 ㉡이 상염색체이다. (다)에도 Y 염색체(검은색)가 있으므로 ㉡은 X 염색체이다. 따라서 (가)는 암컷 Q의 핵상이 $2n$ 인 세포이고, (나)와 (다)

는 각각 수컷 P의 핵상이 n 인 세포, 핵상이 $2n$ 인 세포이다. (가)에는 AA, BB, DD가 있으므로 $A+B+d$ 의 값이 4보다 크거나 같으며, $a+B+D$ 의 값 또한 4보다 크거나 같다. 주어진 표에서 두 값이 모두 4보다 크거나 같은 세포는 Ⅰ이므로 (가)는 Ⅰ이다. (나)에는 bb와 AA 또는 aa가 있는 상염색체가 있으므로 $A+B+d$ 의 값을 두 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다. AA가 있는 상염색체가 있을 경우, (나)는 핵상이 n 인 세포이므로 $A+B+d=2+0+0=2$ 가 되고, $a+B+D=0+0+0=0$ 이 된다. 이 경우는 주어진 조건에 부합하지 않으므로 옳지 않다. 반대로 aa가 있는 상염색체가 있을 경우,

$A+B+d=0+0+0=0$, $a+B+D=2+0+0=2$ 가 되므로 표의 Ⅳ에 해당한다. 따라서 (나)는 Ⅳ이고, (ㄴ)은 2이다. (가)에서 $A+B+d$ 가 8인 경우는 두 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다. $A+B+d=4+2+2=8$ 인 경우 $a+B+D=0+2+2=4$ 가 되어 (ㄱ)+(ㄴ) >6 의 조건에 부합하지 않는다.

$A+B+d=2+4+2=8$ 인 경우, $a+B+D=2+4+2=8$ 이므로 (ㄱ)+(ㄴ) >6 의 조건에 부합하므로 (ㄱ)은 8이다.

(다)에는 모든 대립유전자가 쌍으로 있으므로 대립유전자의 DNA 상대량이 0, 2, 4 중 하나이다. Ⅱ는 각 대립유전자의 DNA 상대량 합이 홀수이므로 (다)가 아니고, Q의 세포이다. 따라서 Ⅲ이 (다)이다. Ⅲ(다)에서 $A+B+d$ 가 2이고, $a+B+D$ 가 8이므로 B는 2, a 또는 D가 4임을 알 수 있다. D와 d는 X 염색체에 있는 대립유전자인데 (다)는 수컷의 세포이므로 X 염색체가 1개만 있어 D의 DNA 상대량 값이 2보다 클 수 없다. 따라서 Ⅲ(다)에서 a의 DNA 상대량이 4, B의 DNA 상대량이 2, D의 DNA 상대량이 2임을 알 수 있다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 세포 | A+B+d | a+B+D |
|--------------|------------|-----------------|
| Ⅰ (Q, $2n$) | $8(2+4+2)$ | (ㄱ) $(8=2+4+2)$ |
| Ⅱ (Q, n) | $3(1+1+1)$ | $1(0+1+0)$ |
| Ⅲ (P, $2n$) | $2(0+2+0)$ | $8(4+2+2)$ |
| Ⅳ (P, n) | $0(0+0+0)$ | (ㄴ) $(2=2+0+0)$ |

따라서 P의 ㉣의 유전자형은 $a a B b X^D Y$, Q의 ㉣의 유전자형은 $A a B B X^D X^D$ 이다.

㉠. (ㄱ)+(ㄴ) $=8+2=10$ 이다.

㉡. (가)는 Ⅰ(Q, $2n$)이고 ㉡이 X 염색체이므로 ㉡은 상염색체이다. (나)의 ㉡도 상염색체이므로 ㉡과 ㉡은 모두 상염색체이다.

Ⅹ. a의 DNA 상대량은 P의 G_1 기 세포에서 2이고, Q의 G_1 기 세포에서 1이므로 서로 다르다.

09 사람의 유전

수능 **2점** 테스트 본문 138~141쪽

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

01 사람의 유전 연구 방법

(가)는 집안의 가계도를 조사하는 가계도 조사이고, (나)는 여러 가계를 포함한 집단을 조사하는 집단 조사이며, (다)는 쌍둥이를 대상으로 연구하는 쌍둥이 연구이다.

- ✗. ㉠(가계도)에서 기호 '□'는 남자를 의미하고, 기호 '○'는 여자를 의미한다.
- . (나)는 집단 조사이다. (나)(집단 조사)를 통해 특정 집단에서 유전 형질이 나타나는 빈도를 조사하고 자료를 통계 처리하여 유전 형질의 분포를 알 수 있다.
- . (다)는 쌍둥이를 대상으로 하는 쌍둥이 연구이다.

02 사람의 유전

유전은 한 가지 형질을 결정하는 유전자의 수에 따라 단일 인자 유전과 다인자 유전으로 구분한다.

- . 상염색체 유전은 형질을 결정하는 유전자가 상염색체에 있기 때문에 남녀에서 형질의 발현 빈도 차이가 뚜렷하지 않다.
- . 적록 색맹은 X 염색체 유전을 따르는 형질로 정상에 대해 열성이다.
- ✗. 다인자 유전은 한 가지 형질에 대해 여러 쌍의 대립유전자가 영향을 미쳐 형질이 결정되는 유전이다.

03 사람의 유전

(가)는 X 염색체 유전을 따르는 형질이고, (나)는 상염색체 유전을 따르는 형질이다.

- ✗. A는 a에 대해 완전 우성이므로 유전자형이 X^aY인 사람의 표현형은 [a]이고, X^AX^a인 사람의 표현형은 [A]로 서로 다르다.
- ✗. B는 D와 E에 대해 각각 완전 우성이며, D는 E에 대해 완전 우성이므로 (나)의 표현형은 [B], [D], [E]로 3가지이다.
- . (가)와 (나)는 모두 1쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되므로 단일 인자 유전을 따르는 형질에 해당한다.

04 성염색체 유전

A와 A*는 성염색체에 있다. 아버지는 유전자형으로 X^AY를 갖고 (가)가 발현되었으므로 A는 (가) 발현 대립유전자이다. 자녀 1

은 유전자형으로 X^A*Y를 갖고 (가)가 발현되지 않았으므로 A*는 정상 대립유전자이다. 어머니는 유전자형으로 X^AX^A*를 갖고 (가)가 발현되었으므로 A((가) 발현 대립유전자)는 A*(정상 대립유전자)에 대해 완전 우성이다.

- . ①은 남자에게만 있는 염색체이므로 Y 염색체이다.
- . A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- . 자녀 1의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될 (X^AX^A, X^AX^A*, X^AY) 확률은 $\frac{3}{4}$ 이다.

05 상염색체 유전

정상인 부모 1과 2로부터 (가) 발현 여자 4가 태어났으므로 (가)는 상염색체 열성 유전을 따르고, A는 정상 대립유전자, a는 (가) 발현 대립유전자이다. (가)의 유전자형으로 1은 Aa, 2는 Aa, 4는 aa이고, 1과 3의 (가)의 표현형은 정상으로 같지만 유전자형은 다르므로 3의 (가)의 유전자형은 AA이다.

- . (가)의 유전자는 상염색체에 있다.
- . (가)의 유전자형으로 1은 Aa, 3은 AA를 갖는다.
- ✗. 4의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될(aa) 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

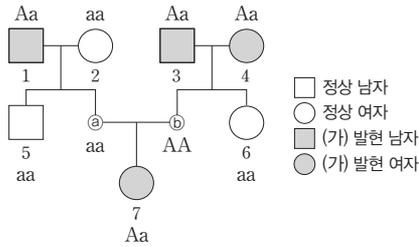
06 상염색체 유전

A*는 (가) 발현 대립유전자이고, 1~5는 모두 A*를 갖는다. A*가 성염색체에 있다면 1과 5의 (가)의 표현형이 같아야 하는데 다르므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다. 1과 2 모두 A*를 갖지만 2에게서만 (가)가 발현되었으므로 A*는 열성 대립유전자이다. (가)의 유전자형으로 1, 3, 4는 AA*이고, 2, 5는 A*A*이다.

- . A는 A*에 대해 완전 우성이며, 정상 대립유전자이다.
- ✗. 이 가족 구성원 중에서 A를 갖는 사람은 1(AA*), 3(AA*), 4(AA*)로 3명이다.
- ✗. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현되지 않을 (AA*) 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

07 상염색체 유전

(가)가 발현된 3과 4로부터 정상 여자 6이 태어났으므로 (가)는 상염색체 우성 유전을 따르고, A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. 2의 (가)의 유전자형이 aa이므로 ④는 a를 갖고, 7은 (가)가 발현되었으므로 A를 갖는다. 따라서 a의 DNA 상대량으로 ④는 1 또는 2를 갖고, 7은 0 또는 1을 갖는다. 7의 a의 DNA 상대량이 0이라면 ④와 ⑥는 모두 A를 갖고 ①~③이 각각 0, 1, 2라는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 7은 a의 DNA 상대량이 1이고, ④는 a의 DNA 상대량이 2이며, ⑥는 a의 DNA 상대량이 0이다.



- ✗. (가)의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㉠. ㉠은 2, ㉡은 0, ㉢은 1이다.
- ✗. (가)의 유전자형이 3은 Aa, ㉣은 AA이다.

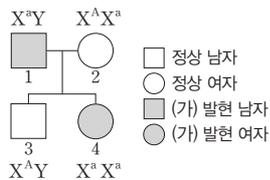
08 복대립 유전

이 가족 구성원의 ABO식 혈액형이 A형, B형, O형으로 각각 다르므로 아버지와 어머니는 각각 A형과 B형 중 하나이고, 자녀 1은 O형이다. 이 가족 중 항 A 혈청에 응집 반응을 하는 혈액형은 A형을 가진 사람 1명이므로 ㉠은 '+', ㉡는 '-'이다. 따라서 ㉢은 항 A 혈청에 응집 반응을 하는(㉣, +) A형이고, 어머니는 B형, 자녀 1은 O형이다.

- ㉠. ㉠은 A형, ㉡은 B형, ㉢은 O형이다.
- ✗. ㉣는 '+', ㉤는 '-'이다.
- ㉣. ABO식 혈액형의 유전자형으로 아버지는 $I^A i$, 어머니는 $I^B i$, 자녀 1은 ii 이므로 자녀 1의 동생이 태어날 때 이 아이의 ABO식 혈액형이 ㉣(B형, $I^B i$)일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

09 성염색체 유전

1과 2는 a의 DNA 상대량이 ㉠으로 같지만 (가)의 표현형이 다르므로 (가)는 X 염색체 유전을 따르고, ㉠은 1이다. 1은 X 염색체에 a를 갖고 (가)가 발현되었으므로 a는 (가) 발현 대립유전자, A는 정상 대립유전자이다.



- 3은 정상이면서 a의 DNA 상대량이 ㉡이므로 ㉡은 0, 나머지 ㉢은 2이다.
- ✗. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.
- ㉣. ㉠은 1, ㉡은 0, ㉢은 2이다.
- ㉣. 4의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될($X^a Y$, $X^a X^a$) 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

10 성염색체 유전

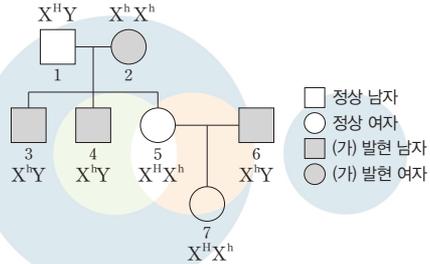
A와 A*의 DNA 상대량을 더한 값이 아버지와 어머니에서 다르므로 (가)는 X 염색체 유전을 따르는 형질이다. A가 A*에 대해 우성이라면 가족 구성원 중 (가)가 발현된 사람이 2명이라는 조건을 만족하지 않으므로 A*는 A에 대해 완전 우성이다. A는 (가)

발현 대립유전자, A*는 정상 대립유전자이다. (가)가 발현된 사람은 아버지와 자녀 1이고, 자녀 1과 3은 여자이며, 자녀 2는 남자이다.

- ㉠. A와 A*의 DNA 상대량을 더한 값이 2인 자녀 1과 3은 모두 여자이고, A와 A*의 DNA 상대량을 더한 값이 1인 자녀 2는 남자이다.
- ✗. 아버지는 A*가 없고, 어머니는 A*가 있으므로 자녀 3의 대립유전자에서 A는 아버지로부터 물려받았고, A*는 어머니로부터 물려받았다.
- ✗. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될($X^A X^A$, $X^A Y$) 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

11 성염색체 유전

1과 2는 각각 H와 h 중 한 종류만 가지고 남자인 3과 여자인 5의 (가)의 표현형이 서로 다르므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 여자인 5의 (가)의 유전자형은 이형 접합성이고, (가)의 표현형은 정상이므로 H는 정상 대립유전자, h는 (가) 발현 대립유전자이다.



- ✗. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.
- ㉣. 정상은 우성 형질, (가)는 열성 형질이다.
- ㉣. 1~7 중 H와 h를 모두 갖는 사람은 구성원 5와 7로 총 2명이다.

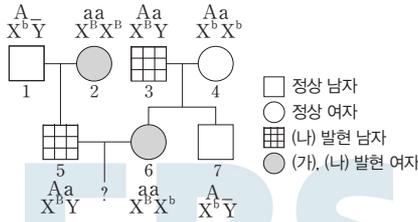
12 다인자 유전

- (가)는 형질을 결정하는 데 여러 쌍의 대립유전자가 관여하는 다인자 유전을 따른다.
- ✗. (가)의 유전은 다인자 유전이다.
- ㉣. 아버지와 자녀 1의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 4로 같으므로 (가)의 표현형은 같다.
- ㉣. 아버지의 (가)의 유전자형은 AABbDd이고, 자녀 1과 2의 (가)의 유전자형에서 AA, Aa, BB, bb, DD, dd가 있으므로 어머니의 (가)의 유전자형은 AaBbDd임을 알 수 있다.

13 상염색체 유전과 성염색체 유전

(가)에 대해 정상인 3과 4로부터 (가) 발현 여자 6이 태어났으므로 (가)는 열성 형질이고, 상염색체 유전을 따른다. (가)의 유전자가 상염색체에 있으므로 (나)의 유전자는 X 염색체에 있고, 4의 (나)의 유전자형이 동형 접합성이므로 유전자형으로 $X^B X^B$ 또는

X^bX^b 를 갖는다. 4의 (나)의 유전자형이 X^BX^B 라면 6의 (나)의 유전자형은 X^BX^b 가 되어 4와 6의 (나)의 표현형이 같아야 하지만 다르므로 4의 (나)의 유전자형은 X^bX^b 이다.



- ✕. (가)의 유전자는 상염색체에 있고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다.
- . (나)의 유전자형으로 2는 X^BX^B 를, 6은 X^BX^b 를 갖는다.
- . 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현될(aaX^BX^b , aaX^BY , aaX^BX^B) 확률은 $\frac{3}{8}$ 이다.

14 다인자 유전

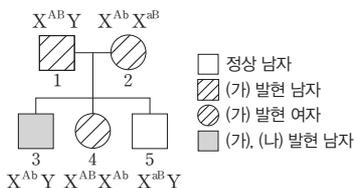
P에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 aBdE, aBde, abdE, abde이고, Q에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 ABDe, AbDe, ABde, Abde이다. P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 ㉠의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수와 ㉡의 표현형은 표와 같다.

| Q \ P | aBdE | aBde | abdE | abde |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ABDe | 4[Ee] | 4[ee] | 3[Ee] | 3[ee] |
| AbDe | 3[Ee] | 3[ee] | 2[Ee] | 2[ee] |
| ABde | 3[Ee] | 3[ee] | 2[Ee] | 2[ee] |
| Abde | 2[Ee] | 2[ee] | 1[Ee] | 1[ee] |

P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 ㉠과 ㉡의 표현형이 P($aaBbddEe$, 1[Ee])와 같을 확률은 $\frac{1}{16}$ 이다.

15 성염색체 유전

(가)가 발현된 1과 2로부터 (가)가 발현되지 않은 5가 태어났으므로 (가)는 우성 형질이고, A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. (나)가 발현되지 않은 1과 2로부터 (나)가 발현된 3이 태어났으므로 (나)는 열성 형질이고, B는 정상 대립유전자, b는 (나) 발현 대립유전자이다.



- . A는 (가) 발현 대립유전자이고, a는 정상 대립유전자이다.

- . 4의 (가)의 유전자형은 X^AX^A 로 동형 접합성이다.
- . 2와 5는 모두 a와 B가 함께 있는 X 염색체를 갖는다.

16 다인자 유전

다인자 유전을 따르는 형질은 형질을 결정하는 대립유전자가 여러 쌍이다.

- . P에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 ADb, adb이다. ㉠이 a라면 Q에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 ADB, ADb, adB, adb이다. 이때 ㉡의 표현형이 유전자형이 AaBBDD인 사람과 같을(유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4) 확률은 $\frac{1}{8}$ 로 조건을 만족할 수 없다. 따라서 ㉠은 A이다.
- . P와 Q의 체세포에서 (가)의 유전자가 있는 염색체의 모양이 같으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있음을 알 수 있다.
- ✕. P에게서 A와 d를 모두 갖는 생식세포는 형성될 수 없다.

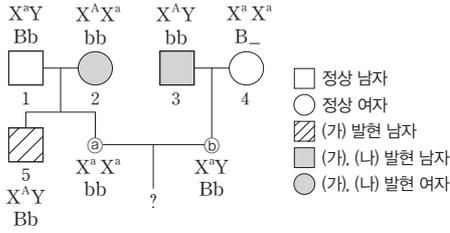
본문 142~147쪽

수능 3점 테스트

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

01 단일 인자 유전

표에서 ㉠은 ㉠과 b의 DNA 상대량이 모두 2이므로 여자이고, ㉡는 남자이다. 남자인 3은 b의 DNA 상대량이 2이므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있고, (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 3은 (나)의 유전자형이 bb이면서 (나)가 발현되었으므로 B는 정상 대립유전자, b는 (나) 발현 대립유전자이다. ㉠이 A이고 A가 정상 대립유전자라면 (가)의 유전자형으로 1은 X^AY , 2는 X^aX^a , ㉡는 X^AX^a 가 되고, 표에서 ㉠가 ㉠(A)의 DNA 상대량이 2라는 조건에 모순이다. ㉠이 A이고 A가 (가) 발현 대립유전자라면 (가)의 유전자형으로 1은 X^aY , 2는 X^AX^A 또는 X^AX^a 가 되고, 표에서 ㉠가 ㉠(A)의 DNA 상대량이 2라는 조건에 모순이다. 따라서 ㉠은 a이고, 표에서 ㉡는 ㉠(a)의 DNA 상대량이 2이므로 1의 (가)의 유전자형은 X^aY 이며, a는 정상 대립유전자, A는 (가) 발현 대립유전자이다.



- ㉠. ㉠은 a이다.
- ㉡. ㉢는 성염색체로 XX를 갖는 여자이다.
- ✕. ㉢와 ㉠ 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현되지 않을($X^a X^a$, $X^a Y$) 확률은 1이고, (나)가 발현될(bb) 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 구하는 확률은 $1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ 이다.

02 다인자 유전

Q에서 생식세포가 형성될 때, 생식세포가 가질 수 있는 유전자 구성은 abde, abde로 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 각각 1과 0이다. ㉢에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형의 최대 가짓수가 6가지가 되기 위해서는 P에서 형성된 생식세포의 유전자 구성에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4, 3, 2, 1, 0이 되어야 한다. 따라서 ㉠은 A, ㉡은 b, ㉢은 D, ㉣은 E이다.

- ㉠. ㉠은 A, ㉡은 b, ㉢은 D, ㉣은 E이다.
- ㉡. (가)는 형질을 결정하는 데 여러 쌍의 대립유전자가 관여하는 다인자 유전을 따르며, 대립 형질이 뚜렷하게 구별되지 않는다.
- ㉢. P의 (가)의 유전자형은 AaBbDdEe, Q의 (가)의 유전자형은 aabbddEe이므로 P에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 ADBe, ADBe, ADbE, ADbe, adBE, adBe, adbE, adbe이고, Q에서 형성되는 생식세포의 유전자 구성은 adbE, adbe이다. P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 표와 같다.

| Q \ P | ADBE |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | (4) | (3) | (3) | (2) | (2) | (1) | (1) | (0) |
| adbE(1) | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| adbe(0) | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |

㉢의 (가)의 표현형이 Q와 같을(유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 1) 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.

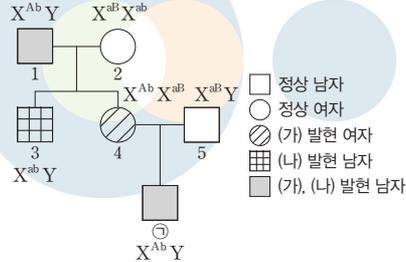
03 성염색체 유전

1은 남자이므로 1과 4의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값은 4가 될 수 없고 2이다.

1, 4의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값 = 2이므로 1, 2, 3의 체세포 1개당 B의 DNA 상대량을 더한 값

1, 2, 3의 체세포 1개당 B의 DNA 상대량을 더한 값은 1이다.

(가)의 유전자는 X 염색체에 있고, 1과 4의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값이 2이며, 1과 4는 모두 (가)가 발현되었으므로 1과 4는 모두 A를 갖는다. 따라서 A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. 1, 2, 3에서 체세포 1개당 B의 DNA 상대량을 더한 값이 1이고, 2만 (나)가 발현되지 않은 정상이므로 2만 B를 갖는다. B는 정상 대립유전자이고, b는 (나) 발현 대립유전자이다. ㉠은 a를 갖지 않으므로 4로부터 A가 있는 X 염색체를 물려받았고, 5로부터 Y 염색체를 물려받은 남자이다.



- ✕. A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다.
- ㉡. ㉠($X^{Ab} Y$)은 b를 갖는다.
- ㉢. ㉠의 (가)와 (나)의 유전자형은 $X^{Ab} Y$ 이고, ㉠은 (가)와 (나)가 모두 발현되었다. 따라서 ㉠의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 같이 (가)와 (나)가 모두 발현될($X^{Ab} Y$) 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

04 단일 인자 유전

적록 색맹은 X 염색체 열성 유전을 따르는 형질이다. ㉠이 'O'라면 적록 색맹이 발현된 어머니로부터 태어난 남자 자녀 2는 적록 색맹이 발현되어 ㉠(O)이어야 하지만 ㉠이므로 모순이다. 따라서 ㉠은 'x', ㉡은 'O'이다. (나)는 정상인 부모 사이에서 (나)가 발현된 여자 자녀 1이 태어났으므로 (나)의 유전은 상염색체 열성 유전이다. 따라서 B는 정상 대립유전자, b는 (나) 발현 대립유전자이다. 적록 색맹의 유전은 X 염색체 열성 유전을 따르므로 D는 정상 대립유전자, d는 적록 색맹 발현 대립유전자이다. A가 정상 대립유전자, a가 (가) 발현 대립유전자라면 (가)와 적록 색맹의 유전자형으로 아버지는 $X^{ad} Y$, 자녀 1은 $X^{ad} X^{ad}$ 를 갖게 되므로 어머니는 $X^{AD} X^{ad}$ 의 유전자형을 갖는다. 이때 어머니로부터 유전자형으로 $X^{Ad} Y$ 를 갖는 자녀 2가 태어날 수 없다. 따라서 A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다.

| 구성원 | 성별 | (가) | (나) | 적록 색맹 | 유전자형 |
|------|----|------|------|-------|----------------------|
| 아버지 | 남자 | ㉠(O) | ㉡(x) | ㉢(O) | $X^{Ad} Y$, Bb |
| 어머니 | 여자 | ㉣(x) | ㉤(x) | ㉥(x) | $X^{ad} X^{ad}$, Bb |
| 자녀 1 | 여자 | ㉦(O) | ㉧(O) | O | $X^{Ad} X^{ad}$, bb |
| 자녀 2 | 남자 | ㉨(x) | x | ㉩(O) | $X^{ad} Y$, B_ |

(O: 발현됨, x: 발현 안 됨)

㉠. (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체

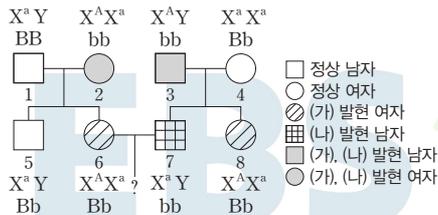
에 있다.

Ⅹ. ㉠은 '×', ㉡은 '○'이다.

Ⅹ. 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현되면서 적록 색맹일($X^{Ad}X^{ad}$, bb) 확률은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

05 단일 인자 유전

(가)의 유전자가 상염색체에 있다면 3과 4는 각각 A와 a 중 한 종류만 가지므로 7과 8의 (가)의 표현형이 같아야 하지만 다르므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체에 있다. 1과 2는 각각 B와 b 중 한 종류만 가지므로 5와 6의 (나)의 유전자형은 모두 Bb이고, 5와 6은 모두 (나)에 대해 정상이므로 B는 정상 대립유전자, b는 (나) 발현 대립유전자이다. A와 B의 DNA 상대량을 더한 값으로 5와 6은 모두 0이 될 수 없으므로 ㉠과 ㉡은 각각 1과 2 중 하나이고, ㉢은 0이다. 7은 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 ㉢(0)이므로 (가)의 유전자형으로 X^AY 를 갖고, (가)에 대해 정상이다. 따라서 a는 정상 대립유전자, A는 (가) 발현 대립유전자이다. ㉠은 1, ㉡은 2, ㉢은 0이다.



Ⅹ. (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉠. 3의 (가)와 (나)의 유전자형은 X^AYbb 이므로 체세포 1개당 a와 b의 DNA 상대량을 더한 값은 ㉡(2)이다.

Ⅹ. 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현될(X^AX^a/X^AY , bb) 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

06 단일 인자 유전

(가)의 유전자가 상염색체에 있다면 어머니와 자녀 2의 (가)의 유전자형이 AA^* 로 같지만 (가)의 표현형이 서로 다르며, 남자인 자녀 2에서 (가)가 발현되었으므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 자녀 2는 (가)의 유전자형으로 X^AY 를 갖고 (가)가 발현되었으므로 A는 (가) 발현 대립유전자이고, A^* 는 정상 대립유전자이다. 어머니의 (가)의 유전자형은 $X^AX^A^*$ 이고, (가)가 발현되지 않았으므로 A^* 는 A에 대해 완전 우성이다. 남자인 아버지에서 B^* 의 DNA 상대량이 2이므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있다. 아버지는 (나)의 유전자형이 B^*B^* 이므로 B^* 는 정상 대립유전자이다. 자녀 1은 (나)의 유전자형이 BB^* 이고 (나)가 발현되었으므로 B는 B^* 에 대해 완전 우성이며, B는 (나) 발현 대립유전

자이다.

| 구성원 | 성별 | (가) | (나) | DNA 상대량 | | 유전자형 |
|------|----|-----|------|---------|-------|----------------|
| | | | | A | B^* | |
| 아버지 | 남 | × | × | 0 | 2 | $X^AYB^*B^*$ |
| 어머니 | 여 | × | ?(○) | ?(1) | ?(1) | $X^AX^A^*BB^*$ |
| 자녀 1 | 여 | × | ○ | 0 | 1 | $X^AX^A^*BB^*$ |
| 자녀 2 | 남 | ○ | × | 1 | 2 | $X^AYB^*B^*$ |
| 자녀 3 | 남 | × | ○ | 0 | 1 | $X^A^*YBB^*$ |

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

Ⅹ. (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉠. 어머니의 (나)의 유전자형은 BB^* 이고, (나)가 발현되었다.

Ⅹ. 이 가족 구성원에서 A^* 와 B를 모두 갖는 사람은 어머니, 자녀 1, 자녀 3으로 모두 3명이다.

07 단일 인자 유전

II($AA^*㉠$)와 IV($A^*A^*㉡$) 사이에서 ㉢가 태어날 때, ㉢가 (가)의 유전자형이 AA^* 인 사람과 (가)의 표현형이 같을 확률은 1이므로, (나)의 유전자형이 FF인 사람과 (나)의 표현형이 같을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. ㉢는 (나)의 유전자형으로 $㉡㉡$, $㉡㉠$ 이 가능하고 이 중 1개의 유전자형이 FF이므로 ㉣은 F이고, ㉤은 E가 아니므로 ㉣은 E이다.

Ⅹ. ㉠은 D, ㉡은 F, ㉣은 E이다.

㉠. (나)는 1쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되고 대립유전자가 3개이므로 (나)의 유전은 복대립 유전이다.

㉠. (가)와 (나)의 유전자형으로 I은 AA^*DE 를, III은 AA^*DF 를 갖는다. I과 III 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 II와 같을($[AA]$, $[E]$) 확률은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

08 다인자 유전

P와 Q는 (나)의 표현형이 서로 다르므로 Q의 (나)의 유전자형은 EE 또는 ee이다. Q의 생식세포가 가질 수 있는 (가)와 (나)에 대한 대립유전자 구성은 1가지이므로 Q의 (가)와 (나)의 유전자형은 모두 동형 접합성이다. P와 Q 사이에서 ㉢가 태어날 때, ㉢가 (가)와 (나)의 유전자형이 $AaBbddEE$ 인 사람과 (가)와 (나)의 표현형이 모두 같을 확률이 0이 아니므로 Q의 (나)의 유전자형은 ee가 아닌 EE이다. P에서 형성된 생식세포가 갖는 대립유전자에서 (가)의 유전자 중 대문자로 표시되는 대립유전자의 수와 (나)의 대립유전자를 표기하면 AEBD(3E), AEbd(1E),

aeBD(2e), aebd(0e)이다. 이때 ㉓가 (가)와 (나)의 유전자형이 AaBbddEE(2EE)인 사람과 (가)와 (나)의 표현형이 모두 같을 확률이 $\frac{1}{4}$ 이라는 조건을 만족하기 위해서 Q에서 형성된 생식세포는 (가)의 유전자 중 대문자로 표시되는 대립유전자의 수와 (나)의 대립유전자가 '1E'가 되어야 한다. ㉓에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 유전자형에서 (가)의 유전자 중 대문자로 표시되는 대립유전자의 수와 (나)의 대립유전자를 표시하면 표와 같다.

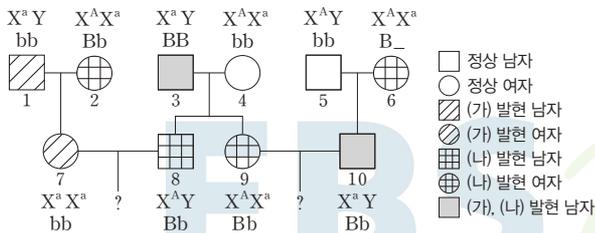
| P \ Q | AEbD(3E) | AEbd(1E) | aeBD(2e) | aebd(0e) |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| (1E) | (4EE) | (2EE) | (3Ee) | (1Ee) |

㉓가 (가)와 (나)의 유전자형이 AabbddEe(1Ee)인 사람과 (가)와 (나)의 표현형이 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

09 단일 인자 유전

(가)가 발현되지 않은 5와 6으로부터 (가)가 발현된 10이 태어났으므로 (가)는 열성 형질이며, A는 정상 대립유전자, a는 (가) 발현 대립유전자이다. (가)의 유전이 상염색체 유전이라면 7, 8, 9, 10의 체세포 1개당 A와 a의 DNA 상대량을 더한 값은 8이어야 하고, 7, 8, 9, 10의

체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 더한 값 = $\frac{1}{2}$ 이라는 조건을 만족할 수 없다. 따라서 (가)의 유전은 X 염색체 유전이다. (가)의 유전자가 X 염색체에 있으므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있다. (가)의 유전자형으로 1은 X^aY, 3은 X^aY, 5는 X^AY를 갖고, 표에서 ㉓~㉓ 중 ㉓만 a의 DNA 상대량이 ㉓이므로 ㉓은 0, ㉓은 1이고, 나머지 ㉓은 2이며, ㉓은 5이다. ㉓(5)는 (나)의 유전자형이 bb이고, (나)에 대해 정상이므로 B는 (나) 발현 대립유전자, b는 정상 대립유전자이다. 1과 3 중 1이 (나)에 대해 정상이므로 1은 (나)의 유전자형이 bb이고, ㉓는 1, ㉓는 3이다.



| 구성원 | ㉓(1) | ㉓(5) | ㉓(3) | 4 | |
|---------|------|------|------|------|------|
| DNA 상대량 | a | ㉓(1) | ㉓(0) | ㉓(1) | ㉓(1) |
| | B | ㉓(0) | ㉓(0) | ㉓(2) | ?(0) |

- ㉓ (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㉓ 7은 (나)의 유전자형이 bb로 동형 접합성이다. 따라서 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때 이 아이는 b를 갖는다.

㉓ 9(X^AX^aBb)와 10(X^aYBb) 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 ㉓(3)와 같이 (가)와 (나)가 모두 발현될(X^aX^aB_ 또는 X^aYB_) 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

10 단일 인자 유전

㉓과 ㉓에서 H와 h의 DNA 상대량을 더한 값이 모두 2가 아니므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. ㉓은 H의 DNA 상대량이 2이므로 여자이고, 자녀 1이다. 자녀 1의 (가)의 유전자형은 X^HX^H이고, (가)가 발현되었으므로 H는 (가) 발현 대립유전자, h는 정상 대립유전자이다. ABO식 혈액형 유전자는 상염색체에 있고, (가)의 유전자는 X 염색체에 있으므로 (나)의 유전자가 ABO식 혈액형 유전자와 같은 염색체에 있다. 자녀 1은 AB형(I^AI^B), 자녀 2는 O형(ii)이고, 아버지가 A형(I^Ai)이므로 어머니는 B형(I^Bi)이다. T가 (나) 발현 대립유전자라면 ABO식 혈액형과 (나)의 유전자형으로 자녀 1은 tI^A/tI^B를, 자녀 2는 ti/ti를 갖고, (나)가 발현된 자녀 3이 태어날 수 없으므로 모순이다. 따라서 T는 정상 대립유전자이고, t는 (나) 발현 대립유전자이다.

| 구성원 | 성별 | (가) | (나) | ABO식 혈액형 | 유전자형 |
|------|----|-----|-----|----------|--|
| 아버지 | 남 | ○ | × | A형 | X ^H Y, T I ^A /t i |
| 어머니 | 여 | ○ | × | B형 | X ^H X ^h , t I ^B /T i |
| 자녀 1 | 여 | ○ | × | AB형 | X ^H X ^H , T I ^A /t I ^B |
| 자녀 2 | 남 | ○ | × | O형 | X ^H Y, T i/t i |
| 자녀 3 | 남 | × | ○ | B형 | X ^h Y, t I ^B /t i |

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

- ㉓ (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㉓ 어머니는 (가)의 유전자형이 X^HX^h, (나)의 유전자형이 Tt로 모두 이형 접합성이다.
- ㉓ 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될(X^HX^H, X^HX^h, X^HY) 확률은 $\frac{3}{4}$, (나)가 발현되면서 ABO식 혈액형이 어머니와 같은 B형(tI^B/ti)일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이므로 구하고자 하는 확률은 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

10 사람의 유전병

수능 **2점** 테스트 본문 154~157쪽

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

01 유전병

알비노증은 유전자 돌연변이, 터너 증후군은 염색체 수 이상 돌연변이, 고양이 울음 증후군은 염색체 구조 이상 돌연변이에 의한 유전병이다. A는 터너 증후군, B는 고양이 울음 증후군, C는 알비노증이다.

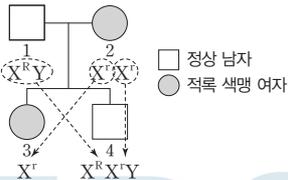
✕. 5번 염색체의 일부가 결실된 사람은 고양이 울음 증후군(B)을 나타내고, 터너 증후군(A)을 나타내는 사람에서는 체세포 1개당 X 염색체가 1개이다.

○. 고양이 울음 증후군(B)은 5번 염색체의 일부가 결실된 것이 원인이므로, 남편 모두에게 나타날 수 있다.

✕. 알비노증(C)을 나타내는 사람에서는 멜라닌 색소가 결핍된다.

02 염색체 수 이상 돌연변이

적록 색맹의 유전자는 X 염색체에 있고, 적록 색맹은 열성 형질이다. R는 정상 대립유전자, r는 적록 색맹 대립유전자라고 하면 구성원 1~4의 유전자형은 그림과 같다. ㉠는 성염색체 비분리가 일어나 형성된 성염색체가 없는 정자이고, ㉡는 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있는 정자이다.



- ✕. ㉠의 성염색체 수는 0이고, ㉡의 성염색체 수는 2이다.
- . ㉢와 ㉣는 정상 생식세포이므로 모두 남자이다.
- . 2가 적록 색맹인데 4가 정상이므로 ㉣에는 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있다. 그러므로 ㉣는 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성되었다.

03 염색체 수 이상 돌연변이

- A는 ㉠을 1개, B는 ㉡을 2개 가지므로, ㉢은 21번 염색체, ㉣은 X 염색체이다. A는 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람이고, B는 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람이다.
- . A와 B 중 한 명은 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람

인데, ㉣에는 염색체가 3개인 경우가 없으므로 ㉣은 X 염색체, ㉤은 21번 염색체이다.

✕. 체세포 1개당 $\frac{A의 상염색체 수+B의 상염색체 수}{A의 성염색체 수+B의 성염색체 수}$ 는

$$\frac{45+44}{2+3} = \frac{89}{5}$$

이다.

○. 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람(A)은 X 염색체를 1개 가지므로 남자이고, 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람(B) 또한 남자이다.

04 유전병

‘성염색체에 발생한 돌연변이가 원인이다.’는 적록 색맹에만 해당하는 특징이고, ‘정상인 부모 사이에서 유전병을 나타내는 자손이 태어날 수 있다.’는 적록 색맹과 낭성 섬유증에 해당하는 특징이다. ‘신경계 이상으로 몸의 움직임이 통제되지 않는다.’는 헌팅턴 무도병에만 해당하는 특징이다. 따라서 유전병 A~C 중 특징 ㉠과 ㉡을 갖는 C는 적록 색맹이다. 적록 색맹에 해당되지 않는 ㉢은 ‘신경계 이상으로 몸의 움직임이 통제되지 않는다.’이고, ㉣은 헌팅턴 무도병에만 해당하는 특징이므로 B는 헌팅턴 무도병이다. 나머지 A는 낭성 섬유증이고, ㉤은 ‘정상인 부모 사이에서 유전병을 나타내는 자손이 태어날 수 있다.’이다. 그러므로 ㉣은 ‘성염색체에 발생한 돌연변이가 원인이다.’이고, ㉠는 ‘○’, ㉡는 ‘×’이다. 위의 내용을 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

| 유전병 | ㉠ (정상인 부모 사이에서 유전병을 나타내는 자손이 태어날 수 있다.) | ㉡ (성염색체에 발생한 돌연변이가 원인이다.) | ㉢ (신경계 이상으로 몸의 움직임이 통제되지 않는다.) |
|------------|--|------------------------------|-----------------------------------|
| A(낭성 섬유증) | ○ | × | × |
| B(헌팅턴 무도병) | × | × | ㉢(○) |
| C(적록 색맹) | ○ | ○ | ㉤(×) |

(○: 있음, ×: 없음)

- ✕. 헌팅턴 무도병만 갖는 특징으로 ‘신경계 이상으로 몸의 움직임이 통제되지 않는다.’가 있으므로 ㉠는 ‘○’, ㉡는 ‘×’이다.
- ✕. ㉢은 ‘정상인 부모 사이에서 유전병을 나타내는 자손이 태어날 수 있다.’이다.
- . 헌팅턴 무도병(B)은 우성 형질이므로, 헌팅턴 무도병(B)에 대한 유전자형이 이형 접합성인 부모 사이에서 자녀가 태어날 때, 이 자녀가 정상일 확률은 25%이다.

05 염색체 돌연변이

(가)는 정상 체세포, (나)는 염색체 구조 이상이 1회 일어나 형성된 생식세포, (다)는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 생식세포이다.

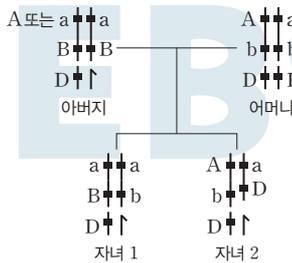
✗. 염색체 구조 이상이 1회 일어나 형성된 생식세포(나)의 1번 염색체는 역위가 일어난 염색체이다.

✗. 정상 체세포(가)의 핵상은 $2n$ 이지만, 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 생식세포(다)의 핵상은 $2n$ 이 아니다.

㉠. (가)~(다)의 그림은 1번 염색체만을 나타낸 것으로, $\frac{\text{성염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (가)가 $\frac{2}{44}$, (나)가 $\frac{1}{22}$, (다)가 $\frac{1}{23}$ 이다. 그러므로 $\frac{\text{성염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (가)=(나)>(다)이다.

06 염색체 구조 이상 돌연변이

아버지에서 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 2이므로 B는 21번 염색체에 있다. 그림에서 세포의 핵상이 n 이고, D의 DNA 상대량은 2이므로 ㉡는 자녀 1일 수 없다. 따라서 ㉡는 자녀 2이다. 자녀 2에서 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 0이고, 핵상이 n 일 때 D의 DNA 상대량이 2이므로 21번 염색체의 B가 있는 부분과 X 염색체의 D가 있는 부분 사이에 전좌가 일어났다. 따라서 (가)와 (나)의 유전자는 모두 21번 염색체에 있고, (다)의 유전자는 X 염색체에 있다. 그러므로 ㉠은 21번 염색체, ㉡은 X 염색체이다.



㉠. ㉠은 21번 염색체, ㉡은 X 염색체이다.

㉡. 자녀 1의 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 1이므로 아버지로부터 a와 B가 있는 염색체를 받으면 가능하다. 자녀 2의 체세포 1개당 a의 DNA 상대량은 1이고, B가 없으므로 어머니로부터 A와 b가 있는 염색체를 받고, 아버지로부터 a와 B가 있는 염색체를 받는다면 B의 DNA 상대량은 0이 나올 수 없으므로 ㉡는 자녀 2이다.

✗. 자녀 2(㉡)는 체세포 1개당 D의 DNA 상대량이 2이므로 a와 D가 같이 있는 염색체와 Y 염색체는 아버지로부터, ㉡는 어머니로부터 받은 것이다.

07 유전병

‘여자에게서만 나타난다.’와 ‘체세포 1개당 염색체 수가 정상인보다 적다.’는 터너 증후군이 갖는 특징이고, ‘성염색체 이상으로 생긴 것이다.’는 터너 증후군과 클라인펠터 증후군이 갖는 특징이다. 따라서 A는 클라인펠터 증후군, B는 터너 증후군, C는 다운 증후군이다.

✗. 클라인펠터 증후군(A)의 염색체 이상을 보이는 사람의 성염색체는 XXY이므로 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 정자(XY)와 정상 난자(X)가 수정되어 태어날 수 있다.

㉠. A는 클라인펠터 증후군, B는 터너 증후군, C는 다운 증후군이다.

✗. 다운 증후군(C)은 남녀에게서 모두 나타날 수 있는 유전병으로, 다운 증후군(C)은 ‘여자에게서만 나타난다.(㉢)’를 갖지 않는다.

08 염색체 수 이상 돌연변이

㉠과 ㉡은 각각 정자 II와 III 중 하나이고, ㉢은 정자 I이다.

| 세포 | 총염색체 수 | 상염색체 수 | 성염색체 수 | X 염색체 수 |
|--------------|--------|--------|--------|---------|
| I (㉢) | 24 | 23 | 1 | 0 |
| II (㉠ 또는 ㉡) | 23 | 21 | 2 | 2 |
| III (㉣ 또는 ㉤) | 21 | 21 | 0 | 0 |

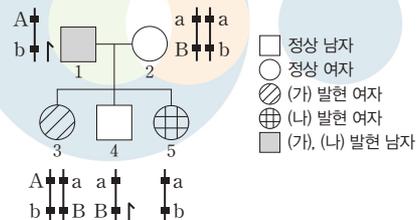
✗. ㉠의 총염색체 수는 23 또는 21이다.

㉡. 21번 염색체의 비분리는 감수 1분열에서 일어났고, 성염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

㉢. IV는 21번 염색체가 2개, Y 염색체가 1개이므로 IV와 정상 난자의 수정으로 태어난 아이는 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 아들이다.

09 염색체 수 이상 돌연변이

(가)와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있고, 1은 A와 a 중 한 종류, B와 b 중 한 종류만 가지므로, (가)와 (나)의 유전자가 상염색체에 있다면 3 또는 4 또는 5가 나올 수 없다. 그러므로 (가)와 (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. (가)와 (나)의 유전자가 모두 우성인 경우와 모두 열성인 경우, (가)의 유전자는 열성, (나)의 유전자는 우성인 경우는 3 또는 4 또는 5가 나올 수 없다. 따라서 (가) 발현 대립유전자는 A, (나) 발현 대립유전자는 b이다. 위 내용을 바탕으로 유전자형을 가계도에 나타내면 그림과 같다.



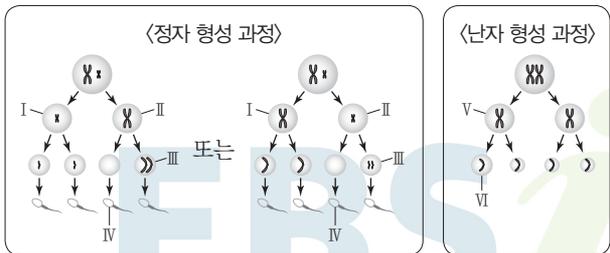
✗. (가) 발현 대립유전자는 A이다.

㉠. (나)의 유전자는 X 염색체에 있다.

✗. 3에는 A와 b를 갖는 염색체와 a와 B를 갖는 염색체가 있으므로, 3에서 A와 B를 모두 갖는 난자는 형성되지 않는다.

10 염색체 비분리

(가)와 (나)의 유전자는 X 염색체에 있으므로 1과 2의 형성 과정에서 세포별 성염색체만을 나타내면 그림과 같다.



- ㉠ ㉠은 IV, ㉡은 VI이다.
- ㉢ ㉢에는 성염색체가 있다.
- ㉣ V에는 X 염색체가 1개 있다.

11 염색체 수 이상 돌연변이

A와 B는 같은 종이며, B와 C는 수컷이고, (가)~(라) 중 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성되었다는 조건이 성립하기 위해서는 (가)는 C의 세포, (나)는 B의 세포, (다)는 C의 세포, (라)는 A의 세포이다.

- ㉠ (가)에는 동일한 염색체가 2개 있으므로 염색체 비분리가 일어나 형성된 세포는 (가)이다.
- ㉡ (가)와 (다)는 모두 C의 세포이다.
- ㉢ (나)는 B의 세포, (라)는 A의 세포이다.

12 유전자 돌연변이

아버지의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량은 1이고 어머니의 체세포 1개당 A의 DNA 상대량은 0인데 아버지와 어머니 모두 (가)가 발현되었으므로, (가) 발현 대립유전자는 A*이며, (가)는 우성 형질이다. (가)가 발현되지 않은 자녀 2의 유전자형은 AA 이므로 대립유전자 A*(㉠)가 대립유전자 A(㉡)로 바뀌는 돌연변이가 일어나 형성된 생식세포인 ㉢는 난자이다.

- ㉠ ㉠은 A*, ㉡은 A이다.
- ㉢ 자녀 2는 (가)의 유전자형이 AA이고, 어머니의 유전자형이 A*A*이므로 대립유전자가 바뀐 ㉢는 난자이다.
- ㉣ (가)가 발현되지 않은 자녀 2는 자녀 ㉣이다.

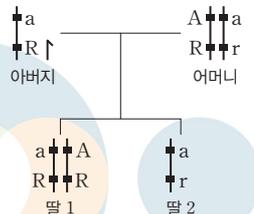
13 세포 주기와 염색체 돌연변이

㉠은 M기(분열기), ㉡은 G₁기, ㉢은 S기이다. ㉣는 염색체 비분리가 일어난 세포이고, ㉤는 염색체 구조 이상인 전좌가 일어난 세포이다.
 ㉠ 이 동물에서 체세포 1개당 염색체 수는 6이다.
 ㉢ ㉣는 감수 2분열 후기의 세포로, ㉠은 체세포의 세포 주기 중 M기(분열기)이므로 이 시기에 ㉣는 관찰되지 않는다.

- ㉣ G₁기(㉣)에는 핵막이 있는 세포가 있다.

14 염색체 비분리

㉠ 발현 대립유전자는 A이다.



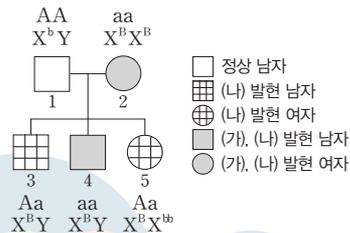
- ㉢ ㉠은 정자이다.
- ㉣ 어머니의 ㉠의 유전자형은 Aa로 이형 접합성이다.
- ㉤ 딸 1의 체세포에는 A와 R가 모두 있는 X 염색체가 있다.

15 유전병

㉢ 적록 색맹은 유전자 돌연변이로 핵형 분석 결과가 정상인과 같아서 핵형 분석으로 알아낼 수 없다.
 ㉣ 고양이 울음 증후군은 염색체 구조 이상 중 결실에 의한 유전병에 해당한다.
 ㉤ 터너 증후군은 X 염색체가 1개 있는 경우 나타나는 유전병으로 염색체 수 이상이 원인이다.

16 염색체 돌연변이

(가) 발현 대립유전자는 a이고, (나) 발현 대립유전자는 B이다. (가)의 유전자는 상염색체에 있고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.



| 구성원 | DNA 상대량 | | | |
|------|---------|------|------|------|
| | A | a | B | b |
| ㉠(3) | 1 | 1 | ?(1) | 0 |
| ㉡(2) | 0 | ?(2) | 2 | 0 |
| ㉢(1) | ㉠(2) | 0 | 0 | ?(1) |
| 5 | ?(1) | ?(1) | ㉣(1) | 2 |

- ㉢ ㉣는 b이다.
- ㉣ ㉢는 2, ㉣는 1이다.
- ㉤ 4의 (가)의 유전자형이 aa이므로 II에 a가 2개 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 II의 염색체 수는 24이다.

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

01 유전병

- X는 페닐케톤뇨증, Y는 낫 모양 적혈구 빈혈증이다.
 ✕. 페닐케톤뇨증은 X에 해당한다.
 ✕. 헤모글로빈 유전자(㉠)를 구성하는 염기 중 1개가 다른 염기로 바뀌면서 낫 모양 적혈구 빈혈증(Y)이 나타난다.
 ㉡. 비정상적인 헤모글로빈(㉢)이 길게 결합하면 낫 모양 적혈구가 형성된다.

02 염색체 비분리

세포 ㉠~㉣의 세포 1개당 t의 DNA 상대량이 모두 ㉢이므로, ㉢이 0이라는 것을 알 수 있다. II~IV는 중기의 세포라서 세포 1개당 h 또는 r의 DNA 상대량이 1이 될 수 없으므로 ㉠가 2, ㉡가 1은 될 수 없다. 따라서 ㉢은 1, ㉡는 2, ㉢은 0이다. 이 사람의 (가)~(다)의 유전자형은 HhRrTT이고, ㉠은 I, ㉡은 V, ㉢은 II, ㉣은 III, ㉤은 IV이다. 이를 정리하면 표와 같다.

| 세포 | DNA 상대량 | | | | | |
|--------|---------|------|-----|------|-----|------|
| | (H) | h | (R) | r | (T) | t |
| ㉠(I) | (1) | ㉠(1) | (1) | ㉠(1) | (2) | ㉢(0) |
| ㉡(V) | (0) | ㉢(0) | (1) | ㉢(0) | (1) | ㉢(0) |
| ㉢(II) | (2) | ㉡(2) | (2) | ㉡(2) | (4) | ㉢(0) |
| ㉣(III) | (2) | ㉢(0) | (0) | ㉡(2) | (2) | ㉢(0) |
| ㉤(IV) | (0) | ㉡(2) | (2) | ㉢(0) | (2) | ㉢(0) |

- ㉠. ㉠은 I, ㉡은 V, ㉢은 II, ㉣은 III, ㉤은 IV이다.
 ㉡. V(㉡)의 세포 1개당 h, r, t의 DNA 상대량이 모두 ㉢(0)인 것으로 보아 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
 ㉢. 이 사람의 (가)~(다)의 유전자형은 HhRrTT이다.

03 염색체 구조 이상 돌연변이

- 크기와 모양이 같은 염색체가 3쌍 존재하는 (가)는 암컷이다. 암컷인 (가)에는 없는 가장 작은 크기의 염색체를 가지고 있는 (나)와 (다)는 수컷이며, (라)는 A와 d가 같은 염색체에 존재하므로 (가)와 (라)는 같은 개체의 세포가 아니다. (가)는 II의 세포, (나)와 (다)는 I의 세포, (라)는 III의 세포이고, I은 수컷, II와 III은 암컷이다.
 ㉠. (가), (다), (라)에서 대립유전자 A(또는 a)와 대립유전자 D(또는 d)가 같은 염색체에 있는데, (나)에서는 대립유전자 B와 대립유전자 D가 같은 염색체에 있으므로 (나) 형성 과정에서 전

- 좌가 일어났다.
 ㉡. (나)와 (다)는 모두 I의 세포이다.
 ㉢. III은 암컷이므로 수컷인 I에 있는 X 염색체를 받는데, I의 X 염색체에는 B가 있으므로, III은 B를 갖는다.

04 유전자 돌연변이

㉠은 (다)의 대립유전자를 하나만 가지므로 ㉠은 남자, ㉡은 여자이고, (다)의 유전자는 X 염색체에 있다. ㉡은 2이고, (다)는 우성 형질이다. ㉠은 1이고, (가)와 (나)는 모두 열성 형질이다. (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, ㉠은 3, ㉡은 4이다. 이를 정리하면 표와 같다.

| 구성원 | DNA 상대량 | | | | | |
|------|---------|------|------|------|------|------|
| | A | a | B | b | D | d |
| ㉠(3) | 0 | ?(1) | 1 | 1 | ?(1) | 0 |
| ㉡(1) | 0 | ?(1) | 0 | ?(2) | 0 | 1 |
| ㉢(4) | ?(1) | 1 | 1 | 1 | 0 | ?(2) |
| ㉣(2) | 1 | 1 | ?(2) | 0 | 1 | 1 |

- ✕. 5는 a가 A로 바뀌었거나, d가 D로 바뀐 생식세포가 정상 생식세포와 수정되어 태어났으므로 ㉡는 B가 아니다.
 ✕. ㉢은 4이다.
 ㉣. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (다)가 모두 발현될 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, 동시에 (나)가 발현되지 않을 확률은 1이다. 따라서 이 아이에게서 (가)와 (다)는 모두 발현되고, (나)는 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

05 유전병

- (가)는 터너 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람, (나)는 고양이 울음 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람이다.
 ㉠. 남성 섬유증의 원인은 유전자 돌연변이이므로 남성 섬유증을 가진 사람의 핵형은 정상이다. 따라서 '정상이다.'는 ㉠에 해당한다.
 ㉡. 고양이 울음 증후군의 원인은 5번 염색체의 일부 결실(㉢)이다.
 ㉢. 체세포 1개당 염색체 수는 남성 섬유증을 가진 사람이 46, 터너 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람(가)이 45, 고양이 울음 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람(나)이 46이다.

06 염색체 수 이상 돌연변이

아버지와 어머니 중 아버지에게만 a가 있는데 자녀 1의 A의 DNA 상대량이 2이므로 자녀 1은 어머니에게서 X 염색체 2개를 받았다. 자녀 3의 A의 DNA 상대량이 0이므로 어머니에게서 X 염색체를 받지 않았다. 자녀 3은 터너 증후군의 염색체 이상을 보인다.

자녀 1은 클라인펠터 증후군, 자녀 2는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다. ㉔의 X 염색체 수는 2, ㉕의 X 염색체 수는 0, ㉖의 X 염색체 수는 1, ㉗의 X 염색체 수는 0, ㉘의 X 염색체 수는 1이다. 이를 정리하면 표와 같다.

| 구성원 | A의 DNA 상대량 | 21번 염색체 수 | X 염색체 수 |
|------|------------|-----------|---------|
| 자녀 1 | 2 | ?(2) | ?(2) |
| 자녀 2 | ?(1) | ㉗(3) | 1 |
| 자녀 3 | 0 | 2 | ㉘(1) |

㉗, ㉘은 3, ㉙은 1이므로, ㉗+㉘=4이다.
 X. X 염색체 수가 ㉔는 2, ㉕는 1, ㉖는 0, ㉗는 1이므로
 $\frac{\text{㉔와 ㉖ 각각의 X 염색체 수를 더한 값}}{\text{㉕와 ㉗ 각각의 X 염색체 수를 더한 값}} = 1$ 이다.

㉚. 자녀 1의 성염색체는 XXY, 자녀 2의 성염색체는 XY, 자녀 3의 성염색체는 X이므로, 자녀 1~3 중 Y 염색체를 가지는 사람은 2명이다.

07 염색체 돌연변이

㉔~㉘ 중 세포 1개당 DNA 상대량이 4인 경우는 Q의 감수 1분열 세포에서 가능하므로 ㉙은 4, II는 Q의 세포이다. 따라서 세포 I과 II는 Q의 세포, 세포 III과 IV는 P의 세포이다. I은 감수 2분열에서 비분리가 1회 일어나 A와 D(또는 A와 d)가 같이 있는 염색체의 염색 분체가 분리되지 않아 염색체가 1개 더 많은 비정상적인 생식세포이고, III은 D(또는 d)가 1개 결실된 체세포이다. ㉔는 D(또는 d), ㉕는 b, ㉖는 d(또는 D), ㉗는 a, ㉘는 B이고, ㉙은 2, ㉚은 4, ㉛은 0, ㉜은 1이다. 이를 정리하면 표와 같다.

| 사람 | 세포 | DNA 상대량 | | | | | | 유전자형 |
|----|-----|---------|-----------|------|-----------|------|------|------------------|
| | | A | ㉔(D 또는 d) | ㉕(b) | ㉖(d 또는 D) | ㉗(a) | ㉘(B) | |
| Q | I | ㉔(2) | ㉔(2) | ㉕(0) | ㉖(0) | ㉗(0) | ㉘(1) | AABDD (또는 AABdd) |
| | II | ㉙(4) | ㉔(2) | ㉕(0) | ㉖(2) | ㉗(0) | ㉘(4) | AAAABB BBDDdd |
| P | III | ㉔(2) | ㉕(0) | ㉖(1) | ㉗(1) | ㉘(0) | ㉘(1) | AABbd (또는 AABbD) |
| | IV | ㉙(1) | ㉙(1) | ㉕(0) | ㉖(0) | ㉗(0) | ㉘(1) | ABD (또는 ABd) |

X. IV는 P의 세포이다.
 ㉚. ㉔와 ㉖는 각각 D와 d 중 하나이므로 ㉔는 ㉖와 대립유전자이다.

㉚. 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 생식세포(㉚, I)의 형성 과정에서 AD(또는 Ad)와 AD(또는 Ad)가 같은 세포에 있으므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

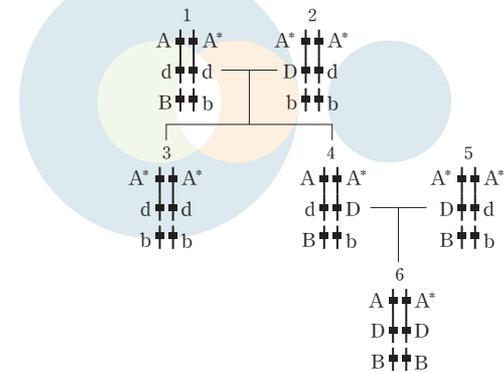
08 염색체 비분리

A와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 홀수인 ㉙은 III 시기의 세포이고, ㉚은 I 시기의 세포, ㉛은 II 시기의 세포이다. ㉚에서 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 2, a와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 0이므로 ㉚에서 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다. ㉛에서 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 4, a와 B의 DNA 상대량을 더한 값이 4이므로 A의 DNA 상대량과 a의 DNA 상대량은 각각 2로 같다. 따라서 이 사람의 ㉚의 유전자형은 AaBb이다.

X. ㉙은 III 시기의 세포, ㉚은 II 시기의 세포, ㉛은 I 시기의 세포이다.
 ㉚. 이 사람의 ㉚의 유전자형은 AaBb이다.
 ㉚. G₁ 세포 X로부터 생식세포 형성 과정(㉚)에서 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.

09 유전자 돌연변이

2의 체세포 1개의 A+B의 값이 0, A*+D의 값이 3이므로, 2의 (가)와 (나)의 유전자형은 A*A*bbDd이다. 3과 4의 (가)의 표현형이 다르고 1의 (가) 유전자형은 AA*이므로 (가) 발현 대립유전자는 A이고 (가)는 우성 형질이다. 1~4의 (나)의 표현형이 모두 다르고 4와 5의 (나)의 표현형이 같으므로 (가)와 (나)의 유전자형은 1은 AA*Bbdd, 3은 A*A*bbdd, 4는 AA*BbDd, 5는 A*A*BbDd, 6은 AA*BBDD이다. 6의 동생이 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 1과 같을 확률이 $\frac{3}{16}$ 이므로 B와 b는 2번 염색체에, D와 d는 1번 염색체에 있다. 이를 정리하면 그림과 같다.

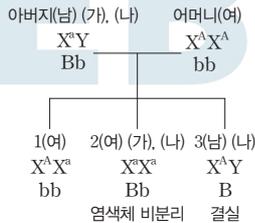


1의 (나)의 표현형은 X, 2의 (나)의 표현형은 Y, 3의 (나)의 표현형은 Z, 4의 (나)의 표현형은 R이다.

- ㄱ. ④는 2, ⑤는 1이다.
- ㄴ. ③은 난자이다.
- ㄷ. 2의 (나)의 표현형은 Y이다.

10 염색체 돌연변이

여자인 자녀 2에서 (나)가 발현되는데 b의 DNA 상대량이 1이므로 (나) 발현 대립유전자는 B이다. 아버지의 b의 DNA 상대량이 1인데 (나)가 발현되므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있다. 따라서 (가)의 유전자는 X 염색체, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.



- ㄱ. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.
- ㄴ. I의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
- ㄷ. 남자인 자녀 3에는 A는 있고, b는 없으므로 Ⅲ은 어머니의 생식세포 형성 과정에서 만들어졌고, b가 포함된 염색체 일부가 결실된 것이라는 것을 알 수 있다. 따라서 Ⅲ의 X 염색체 수는 1, Ⅲ의 상염색체 수는 22이다.

11 생태계의 구성과 기능

본문 172~174쪽

수능 **2점** 테스트

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

01 생태계의 구성 요소

생태계는 생산자, 소비자, 분해자로 구분되는 생물적 요인과 빛, 물, 온도, 토양, 공기 등과 같은 비생물적 요인으로 구성된다.

- ㉠. 생태계는 생물적 요인과 비생물적 요인으로 구성되며, 생물적 요인과 비생물적 요인은 서로에게 영향을 준다.
- ㉡. 분해자에 속하는 버섯은 생물적 요인에 해당한다.
- ㉢. 생산자는 식물과 같이 스스로 무기물로부터 유기물을 합성하는 생물이다.

02 개체군 사이의 상호 작용

- (가)는 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이다.
- ㉠. 개체군은 하나의 종으로 구성된 집단이다.
- ㉡. 두 개체군 A와 B 사이에 상호 작용이 일어나므로 A와 B는 같은 군집에 속한다.
- ㉢. (가)는 군집 내 개체군 사이의 상호 작용으로 종간 경쟁, 분서(생태 지위 분화), 공생, 기생 등이 해당한다. 리더제는 개체군 내 개체 사이의 상호 작용에 해당한다.

03 생물적 요인과 비생물적 요인

세균과 버섯에 의해 토양 속 무기물의 양이 증가하는 것(가)은 생물적 요인이 비생물적 요인에 영향을 주는 예이고, 닭이나 피꼬리가 일조 시간이 길어지면 생식을 위해 산란을 하는 것(나)과 고산 지대처럼 산소가 희박한 곳에 사는 사람은 적혈구 수가 평지에 사는 사람보다 많은 것(다)은 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 주는 예이다.

04 개체군의 성장 곡선

- I과 II의 성장 곡선이 모두 S자형을 나타내므로 실제 성장 곡선이다. 개체군 밀도는 단위 면적당 개체 수이므로 ㉠의 개체 수가 서로 같다면 ㉡의 개체군 밀도는 면적이 넓은 A에서가 면적이 좁은 B에서보다 낮다.
- ㉠. 실제 성장 곡선에서 환경 저항은 항상 작용하므로 t_1 일 때 I에 환경 저항이 작용한다.
- ㉡. t_2 일 때 A에 서식하는 I의 개체 수는 200, B에 서식하는 II의 개체 수는 100이다. A의 면적을 2S라고 할 때, A의 면적(2S)

이 B의 면적(S)의 2배이므로 A에서 I의 개체군 밀도는 $\frac{200}{2S}$ 이고, B에서 II의 개체군 밀도는 $\frac{100}{S}$ 으로 서로 같다.

✕. 환경 수용력은 주어진 환경에 서식할 수 있는 최대 개체 수로 A에 서식하는 I에서 200, B에 서식하는 II에서 100이므로 A에서가 B에서보다 ④에 대한 환경 수용력이 크다.

05 개체군의 생존 곡선 유형

I형을 나타내는 개체군은 자손의 수가 적지만 부모의 보호를 받아 어린 시기 생존률이 높고, II형을 나타내는 개체군은 연령대별 사망률이 일정하며, III형을 나타내는 개체군은 자손의 수가 많지만 부모의 보호를 받지 않아 어린 시기 생존률이 낮다.

- ㉠. 사람, 대형 포유류의 생존 곡선은 I형에 해당한다.
- ㉡. II형을 나타내는 개체군에서 사망한 개체 수는 ㉠ 시기에서가 ㉡ 시기에서보다 많다.
- ✕. I형을 나타내는 개체군은 어린 시기 부모의 보호를 받아 생존률이 높고, 한 개체당 한 번에 낳는 평균 자손의 수가 II형, III형을 나타내는 개체군보다 적다.

06 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

A는 중간 경쟁, B는 상리 공생이고, ㉠은 '서로 다른 종 사이에서 나타난다.', ㉡은 '이익을 얻는 종이 있다.'이다.

- ㉠. 상리 공생, 중간 경쟁, 포식과 피식은 모두 군집 내 개체군 사이에서 나타나는 상호 작용이므로 ㉠은 '서로 다른 종 사이에서 나타난다.'이다. 따라서 ㉡은 'O'이다.
- ㉡. A는 '이익을 얻는 종이 있다.(㉡)'를 갖지 않으므로 중간 경쟁이다.
- ㉢. 콩과식물은 뿌리혹박테리아에게 서식 공간을 제공하고, 뿌리혹박테리아는 콩과식물에게 질소를 제공하므로 둘 사이의 상호 작용은 상리 공생(B)의 예에 해당한다.

07 개체군의 주기적 변동

A의 개체 수는 B의 개체 수가 증가하면 감소하는 경향을 보이므로 A는 피식자, B는 포식자이다.

- ✕. A의 개체 수가 증가하면 B의 개체 수가 증가하고, B의 개체 수가 증가하면 A의 개체 수가 감소하는 변화가 나타나므로 A는 피식자, B는 포식자이다.
- ㉠. 생물 개체군의 생장에 환경 저항은 항상 작용한다. 따라서 구간 I에서 A에 환경 저항이 작용한다.
- ㉡. 구간 II에서 B는 개체 수가 증가하고 있다. 따라서 출생한 개체 수가 사망한 개체 수보다 많으므로 구간 II의 B에서 $\frac{\text{출생한 개체 수}}{\text{사망한 개체 수}}$ 는 1보다 크다.

08 식물 군집의 수직 분포

고도에 따라 나타나는 수직 분포는 주로 기온의 차이에 의해 나타난다. ㉠은 침엽수림대, ㉡은 상록 활엽수림대이고, ㉢은 북쪽, ㉣은 남쪽이다.

- ㉠. 수직 분포의 각 식물 군집에서 ㉠ 방향에 위치한 부분의 하한선이 ㉡ 방향에 위치한 부분의 하한선보다 낮은 고도에 위치하므로 ㉠은 북쪽, ㉡은 남쪽이다.
- ✕. 혼합림대보다 높은 고도에 위치하는 ㉠은 침엽수림대이고, ㉡은 상록 활엽수림대이다.
- ✕. 고도가 높을수록 연평균 기온이 낮으므로 침엽수림대(㉠)에서가 상록 활엽수림대(㉡)에서보다 연평균 기온이 낮다.

09 방형구법

- ㉠은 개체 수, ㉡은 상대 피도(%), ㉢은 빈도이다.
- ✕. A~D의 상대 피도를 모두 더한 값은 100 %이므로 ㉠은 상대 피도이다. 개체 수가 소수일 수 없으므로 ㉠은 개체 수, ㉢은 빈도이다.
- ㉡. C의 상대 피도는 100 %에서 A, B, D의 상대 피도를 모두 뺀 값인 40 %이다. D의 상대 밀도는 $\frac{4}{5+7+4+4} \times 100 = 20 \%$ 이다. 따라서 C의 상대 피도는 D의 상대 밀도의 2배이다.
- ㉢. 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 모두 더한 값은 A가 80, B가 92.5, C가 72.5, D가 55이므로 이 식물 군집의 우점종은 B이다.

10 방형구법

2개의 방형구를 이용하여 조사한 A~C의 개체 수, 빈도, 상대 밀도는 표와 같다.

| 종 | 개체 수 | 빈도 | 상대 밀도(%) |
|---|------|----|----------|
| A | 9 | 1 | 30 |
| B | 12 | 1 | 40 |
| C | 9 | 1 | 30 |

- ㉠. A의 상대 밀도와 C의 상대 밀도는 각각 30 %로 서로 같다.
- ✕. B와 C는 각각 2개의 방형구에서 모두 관찰되므로 B와 C의 상대 빈도는 서로 같다.
- ㉡. A~C에서 상대 빈도와 상대 피도가 서로 모두 같으므로 상대 밀도가 40 %로 가장 큰 종인 B가 이 식물 군집의 우점종이다.

11 1차 천이

- ㉠은 초원, ㉡은 양수림, ㉢은 음수림이다.
- ✕. 천이가 진행되는 과정에서 관목림에 이어 형성되는 ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이며, ㉢은 초원이다.
- ✕. 용암 대지에서 시작되어 지의류가 개척자가 되는 천이는 1차

천이다.

㉠ 양수림(㉠)이 형성되어 지표면에 도달하는 빛의 세기가 약해지면 양수 모목보다 음수 모목이 잘 자라는 환경이 형성되어 음수림(㉡)으로의 천이가 진행된다. 따라서 지표면에 도달하는 빛의 세기는 양수림(㉠)에서 음수림(㉡)으로의 천이에 영향을 준 요인에 해당한다.

12 종 사이의 상호 작용

(가)는 상리 공생의 예, (나)는 분서(생태 지위 분화)의 예이다.

- ㉠ 꽃과 벌새는 서로 이익을 얻으므로 (가)는 상리 공생의 예이다.
- ㉡ 한 나무에서 상호 작용하는 붉은뺨술새와 밤색가슴술새는 하나의 군집을 이룬다.
- ㉢ 생태적 지위가 겹치는 서로 다른 두 종 사이에서 경쟁(㉣)이 나타난다.

| 수능 3점 테스트 | | | | | | 본문 175~179쪽 |
|-----------|------|------|------|------|------|-------------|
| 01 ② | 02 ③ | 03 ③ | 04 ③ | 05 ⑤ | 06 ② | |
| 07 ③ | 08 ③ | 09 ④ | 10 ④ | | | |

01 생태계 구성 요소 사이의 상호 작용

(가)에서 생물적 요인(지의류)이 비생물적 요인(토양)에 영향을 주는 것은 ㉠의 예이고, (나)에서 비생물적 요인(공기)이 생물적 요인(지의류)에 영향을 주는 것은 ㉡의 예이다.

- ㉢ 지의류가 암석의 풍화를 촉진하여 토양 형성에 관여하는 것 (가)는 생물적 요인이 비생물적 요인에 영향을 주는 것이므로 ㉠의 예에 해당한다.
- ㉣ 지의류는 대기 오염이 심한 지역에서 생존이 어려워 지표층으로 활용된다. 따라서 대기 오염(㉤)은 지의류의 성장을 방해하는 환경 저항에 해당한다.
- ㉤ ‘큰뺨양의 수컷들이 뿔 크기나 뿔치기를 통해 순위를 결정하는 것’은 개체군 내의 상호 작용으로 ㉡의 예에 해당하지 않는다.

02 해조류의 분포

수심에 따라 녹조류, 갈조류, 홍조류의 분포가 다른 것은 빛의 파장에 따른 투과율이 다르고, 각 해조류마다 주로 이용하는 빛의 파장이 다르기 때문이다.

- ㉠ 개체군은 일정 지역에서 서식하는 같은 종의 무리이므로 개체군 A는 하나의 종으로 구성된다.
- ㉡ 해조류의 분포가 수심에 따라 다른 것(나)은 비생물적 요인인 빛의 파장에 따른 결과이므로 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 주는 ㉠의 예에 해당한다.
- ㉢ 수심 20~40 m 사이에는 갈조류와 홍조류가 모두 있으므로

경쟁 배타가 일어나지 않았다.

03 개체군의 성장

A와 B가 모두 X의 포식자이므로 X를 A 또는 B와 함께 배양할 때가 X만 단독 배양할 때보다 X의 개체군의 크기는 작다.

- ㉠ A와 B는 모두 X의 포식자이다. 다른 생물을 섭취하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 생물적 요인은 소비자이다.
- ㉡ A와 B가 없는 구간 ㉠의 수조 I에서도 살아남은 개체 수의 비율이 감소하였으므로 I에서 X에 환경 저항이 작용하였다.
- ㉢ t_1 일 때 살아남은 X의 개체 수의 비율은 II에서가 III에서보다 높으므로 X의 밀도는 III에서가 II에서보다 작다.

04 개체군 내 개체 사이의 상호 작용

(가)는 텃새, (나)는 가족생활이다.

- ㉠ A와 B의 개체 수는 각각 21이고, 서식지의 면적이 동일하므로 개체군의 밀도는 A와 B가 서로 같다.
- ㉡ ‘은어 개체군에서 한 개체가 일정한 생활 공간을 차지하면서 다른 개체의 접근을 막는다.’는 텃새의 예이므로 (가)는 텃새이다. A에서는 각 개체가 일정 간격을 두고 분포하므로 텃새(가)가 나타난다.
- ㉢ (나)는 가족생활로 혈연관계의 개체들이 모여 살아가는 것이 특징이다. ‘같은 종의 개미가 일을 분담하며 협력한다.’는 사회생활의 예이므로 ㉡에 해당하지 않는다.

05 개체군의 성장 곡선

개체군의 밀도는 단위 면적당 개체 수이다.

- ㉠ X의 생장이 초기 배지의 Ca^{2+} 농도에 따라 다르게 나타나므로 Ca^{2+} 농도는 X의 생장에 영향을 주는 요인에 해당한다.
- ㉡ 구간 I의 X에는 A, B, C 모두에서 환경 저항이 작용한다.
- ㉢ 안정적으로 개체 수가 유지되는 구간 II에서 A의 개체 수는 B의 개체 수보다 많으므로 X의 밀도는 A에서가 B에서보다 크다.

06 개체군의 생존 곡선

㉠은 I형, ㉡는 III형이다.

- ㉢ I형 생존 곡선을 나타내는 A에서 부모가 새끼를 보호하여 초기 사망률을 낮추므로 ㉠은 I형이고, ㉡는 III형이다.
- ㉣ I형(㉠)인 개체군의 후기 사망률은 높고, III형(㉡)인 개체군의 후기 사망률은 낮으므로 ㉠ 시기의 사망률은 I형(㉠)인 개체군에서가 III형(㉡)인 개체군에서보다 높다.
- ㉤ 대형 포유류와 같이 대부분의 개체가 생리적 수명을 다하고 죽는 종의 생존 곡선 유형은 I형(㉠)에 해당한다.

07 개체군 사이의 상호 작용

㉠은 피식자, ㉡는 포식자이고, (가)는 상리 공생, (나)는 기생이다.

㉠, ㉡의 개체 수가 증가한 이후 ㉢의 개체 수가 증가하므로 ㉠은 피식자, ㉢은 포식자이다. 포식과 피식 관계에서 이익을 얻는 종은 포식자이므로 ㉢은 ㉠이다.

㉣. 흰동가리와 말미잘은 서로가 이익을 얻으므로 (가)는 상리 공생이고, (나)는 기생이다.

㉤. 콩과식물과 뿌리혹박테리아의 상호 작용은 상리 공생(가)의 예에 해당한다.

08 식물 군집의 천이

㉠은 양수림, ㉡은 음수림, ㉢은 관목림이다.

㉣. 산불이 일어나 식물 군집 X가 파괴되면 2차 천이가 일어나 초원이 먼저 형성된다. 따라서 과정 I에서 산불이 일어났다.

㉤. 침엽수(양수)에 속하는 ㉡와 ㉢의 개체 수는 감소하고 활엽수(음수)에 속하는 ㉣와 ㉣의 개체 수가 증가하는 변화가 ㉣에서 일어나고 있으므로 ㉣은 양수림이며, 지표면에 도달하는 빛의 세기는 이러한 변화를 일으키는 요인에 해당한다.

㉥. 산불이 일어나기 전 X에서는 음수림(㉡)까지 천이가 진행되었으므로 산불이 일어난 후 초원을 거쳐 관목림(㉢)이 형성되고, 이후 양수림을 거쳐 음수림까지 천이가 진행되므로 X는 관목림(㉢)에서 극상을 이루지 않는다.

09 식물 군집의 조사

특정 종의 밀도는 단위 면적당 해당 종의 개체 수이므로 식물 군집 조사에 사용한 방형구(1m×1m)의 수는 조사 면적(m²)과 같다. ㉠의 밀도가 5이므로 x 는 18 또는 30 중 하나이다. 그런데 B와 C가 출현한 방형구 수가 각각 24, 21이므로 x 는 30이고, ㉠은 C이다. C(㉠)의 상대 빈도는 $\frac{21}{\text{㉠}+24+21} \times 100 = 28\%$ 이므로 ㉡는 30이다. 이를 바탕으로 A~C의 밀도, 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도, 중요치(중요도)를 정리한 결과는 표와 같다.

| 구분 | A | B | C(㉠) |
|--------------------------|-------|-----|-------|
| 밀도(개체 수/m ²) | ?(2) | 3 | 5 |
| 상대 밀도(%) | 20 | 30 | ?(50) |
| 상대 빈도(%) | ?(40) | 32 | 28 |
| 상대 피도(%) | 32 | 40 | 28 |
| 중요치(중요도) | 92 | 102 | 106 |

㉦. 밀도가 5인 ㉠은 C이다.

㉧. x 와 ㉡는 각각 30으로 서로 같다.

㉨. A~C 중 중요치가 106인 C가 이 식물 군집의 우점종이다.

10 경쟁 배타

㉣. (가)에서 t_1 일 때 A의 개체 수는 $2K$, B의 개체 수는 K 이고 배양 조건이 동일하므로 개체군의 밀도는 A가 B의 2배이다.

㉤. (나)의 구간 I에서 A의 개체 수는 증가하고, B의 개체 수는 감소하므로 A에서는 출생한 개체 수가 사망한 개체 수보다 많고, B에서는 출생한 개체 수가 사망한 개체 수보다 적다. 따라서 구간 I에서 $\frac{\text{사망한 개체 수}}{\text{출생한 개체 수}}$ 는 A가 B보다 작다.

㉥. A와 B를 혼합 배양한 (나)에서 B가 사라졌으므로 생태적 지위가 겹침으로 인해 경쟁 배타가 일어났다.

12 에너지 흐름과 물질 순환, 생물 다양성

수능 2점 테스트

본문 186~188쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ㉠ | 02 ㉡ | 03 ㉢ | 04 ㉣ | 05 ㉤ | 06 ㉥ |
| 07 ㉦ | 08 ㉧ | 09 ㉨ | 10 ㉩ | 11 ㉪ | 12 ㉫ |

01 물질의 생산과 소비

총생산량은 호흡량과 순생산량을 합친 값과 같다.

- ✕. ㉠은 순생산량에서 피식량을 뺀 양이다.
- . 피식량(㉠)은 식물이 초식 동물에게 먹힌 양이므로 이 생태계에 있는 초식 동물의 호흡량은 피식량(㉠)에 포함된다.
- ✕. 성장량은 식물체에 남아 있는 유기물의 양으로 순생산량에서 피식량을 뺀 양(㉡)보다 작거나 같아야 한다. 그러므로 총생산량에 대한 성장량의 백분율은 45%보다 작거나 같아야 한다.

02 에너지 흐름

태양으로부터 공급되는 빛에너지는 생산자에서 유기물 형태의 화학 에너지로 전환되어 먹이 사슬을 따라 상위 영양 단계로 이동한다.

- . 생태계에 공급되는 주요 에너지원은 태양의 빛에너지이다.
- . 생산자, 소비자, 분해자에서는 모두 세포 호흡(산소 호흡, 무산소 호흡)이 일어나므로 열에너지는 모든 영양 단계에서 방출된다.
- . 유기물에 저장된 에너지 중 일부는 먹이 사슬을 따라 상위 영양 단계로 이동한다.

03 탄소 순환

대기 중 이산화 탄소(CO₂)는 생산자에 의해 유기물로 전환되고 유기물은 먹이 사슬을 따라 상위 영양 단계로 운반된다. 사체나 배설물에 포함된 유기물은 분해자가 이용한다. 따라서 A는 생산자, B는 분해자이다.

- . 탄소가 대기 중 이산화 탄소에서 생산자로 이동하는 과정(㉠)은 광합성 과정에 해당한다.
- ✕. 탄소가 생산자(A)에서 대기 중 이산화 탄소가 이동하는 과정(㉡)에서 탄소는 무기물의 형태로 이동한다.
- . 곰팡이는 광합성을 하지 않고, 사체와 배설물을 분해하므로 생산자(A)와 분해자(B) 중 분해자(B)에 속한다.

04 질소 순환

(가)는 탈질산화 작용, (나)는 질소 고정, (다)는 질소 동화 작용이고, ㉠은 질산 이온(NO₃⁻), ㉡은 질소 기체(N₂), ㉢은 암모늄 이온(NH₄⁺), ㉣은 단백질이다.

- ✕. ㉡은 질소 기체(N₂)이다.
- ✕. (나)는 질소 고정으로 질소 고정 세균이 관여하고, 질산화 세균은 질산화 작용에 관여한다.
- . (다)는 암모늄 이온(NH₄⁺)이 단백질로 전환되는 과정으로 질소 동화 작용이다.

05 에너지 흐름과 물질 순환

경로 X는 에너지 이동 경로, Y는 물질 이동 경로이고, A는 버섯, B는 토끼풀, C는 여우, D는 토끼이다.

- . X는 생태계 밖에서 들어와서 생태계 밖으로 나가므로 에너지 이동 경로이다.
- . B, C, D 모두로부터 A로 물질과 에너지가 이동하므로 A는 분해자인 버섯이다.
- . 여우(C)에서 버섯(A)으로 유기물을 통해 물질과 에너지가 이동한다.

06 생태 피라미드

안정된 생태계에서는 하위 영양 단계에서 상위 영양 단계로 갈수록 에너지양이 감소한다. ㉠은 1차 소비자, ㉡은 3차 소비자, ㉢은 2차 소비자이고, (가)에서 2차 소비자의 에너지 효율이 20%이므로 ㉠은 150이고, (나)에서 3차 소비자의 에너지 효율이 20%이므로 ㉡은 60이다.

- . ㉠은 150, ㉡은 60이므로 ㉠+㉡=210이다.
- ✕. 1차 소비자(㉠)에 해당하는 생물은 생산자를 먹이로 한다.
- . (가)에서 1차 소비자의 에너지 효율은 15%이고, (나)에서 1차 소비자의 에너지 효율은 5%이다.

07 생물 다양성의 보전

생물 다양성을 보전하기 위한 실천 방안은 개인적 수준의 실천 방안, 사회적 수준의 실천 방안, 국가적 수준의 실천 방안, 국제적 수준의 실천 방안으로 구분할 수 있다.

- ✕. 가정에서 자원 재사용을 위해 쓰레기를 분리 배출하는 것(나)은 생물 자원 소비를 감소시킨다.
- . 멸종 위기에 처한 종을 천연기념물로 지정하여 보호하는 것(다)은 종 다양성 감소를 줄이기 위한 노력에 해당한다.
- . 야생 생물 보호 및 관리에 관한 법률을 제정하는 것(가)과 멸종 위기에 처한 종을 천연기념물로 지정하여 보호하는 것(다)은 모두 국가적 수준의 실천 방안에 해당한다.

08 유전적 다양성

유전적 다양성이 높은 종은 개체들의 형질이 다양해서, 환경이 급격히 변하거나 전염병이 발생했을 때 살아남을 수 있는 유리한 형질을 가진 개체가 생존할 확률이 높다. ㉠은 다양한 감자 품종, ㉡은 단일 감자 품종이다.

✕. X는 감자 품종 중 한 품종의 감자를 썬다 하여 감자의 수확량을 낮춘다.

㉠. A에서는 X 유형 후 일부 감자가 생존하고, B에서는 X 유형 후 모든 감자가 죽는 것으로 보아 ㉠은 다양한 감자 품종이다.

㉡. '유전적 다양성이 낮다.'는 B에서 모든 감자가 죽는 것(㉠)의 원인에 해당한다.

09 종 다양성

종 다양성은 종의 수가 많을수록, 종의 비율이 고를수록 높다.

✕. D의 상대 밀도는 t_1 일 때는 25%이고, t_3 일 때는 1%이다.

✕. A와 B는 서로 다른 종이므로 서로 다른 개체군을 이룬다.

㉠. 종 다양성은 종의 수가 많을수록, 종의 비율이 고를수록 높으므로, 이 생태계에서 종 다양성은 $t_1 \sim t_3$ 중 t_2 일 때 가장 높다.

10 생물 다양성의 중요성

㉠. 종 다양성이 높을수록 생태계 평형 유지(㉠)에 유리하다.

㉡. 주목 추출물이 항암제의 원료로 이용되는 것은 의약품 등의 원료로 이용(나)의 예에 해당한다.

㉢. (다)는 생물 자원으로서의 가치에 해당한다.

11 생물 다양성의 보전

생물 다양성 감소 원인에는 서식지 파괴 및 단편화, 생물의 불법 포획과 남획, 환경 오염, 기후 변화, 외래종의 도입 등이 있다. 바위에 덮인 이끼층의 이끼가 제거된 것은 서식지 파괴, 이끼 사이의 통로가 제거된 것은 서식지 단편화에 해당한다.

✕. 외래종의 도입을 막는 것은 서식지 파괴 및 단편화로 인한 생물 다양성 감소를 막는 것과 관련이 없다.

㉠. 숲의 벌채나 습지의 매립을 막는 것은 서식지 파괴로 인한 생물 다양성 감소를 줄인다.

㉡. 단편화된 서식지에 생태 통로를 설치하는 것은 서식지 단편화로 인한 생물 다양성 감소를 줄인다.

12 생물 다양성의 보전

(가)는 국가적 수준에서 실시하는 생물 다양성 보전 방안 사례이고, (나)는 유전적 다양성 감소의 원인에 해당하는 사례이고, (다)는 외래종 도입으로 인한 생물 다양성 감소 사례이다.

✕. (가)는 국가적 수준에서 실시하는 생물 다양성 보전 방안으로 국가는 자국의 자생 생물에 대한 주권적 권리를 가질 수 없게 된 것과는 관련이 없다.

㉠. (나)는 개체 간 유전자 조성이 동일하다. 따라서 유전적 다양성을 감소시키는 원인에 해당한다.

✕. (다)에서 가시박의 유입은 외래종 도입으로 인한 생물 다양성 감소 사례로 종 다양성을 감소시키는 원인에 해당한다.

수능 3점 테스트

본문 189~191쪽

01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉣ 05 ㉤ 06 ㉥

01 에너지의 흐름

A는 분해자, B는 2차 소비자, C는 생산자, D는 1차 소비자이다. 2차 소비자(B)에서 사체, 배설물로 이동하는 에너지량은 1, 1차 소비자(D)에서 사체, 배설물로 이동하는 에너지량은 3, 분해자(A)에서 사체, 배설물로 이동하는 에너지량은 2이다. ㉠=6+㉡, ㉠=㉡-2, ㉠+㉡=100이므로 ㉠은 52, ㉡은 54, ㉢은 48이다.

✕. 빛에너지를 이용해 유기물을 합성하는 것은 생산자(C)이다.

✕. ㉠+㉡+㉢=154이다.

㉣. 1차 소비자의 에너지 효율은 10%이고, 2차 소비자의 에너지 효율은 20%이다.

02 물질의 순환

A는 버섯, B는 녹색 식물, C는 초식 동물이고, ㉠은 암모늄 이온(NH_4^+), ㉡은 단백질, ㉢은 이산화 탄소(CO_2)이다.

✕. ㉠은 암모늄 이온(NH_4^+)이다.

㉣. 버섯(A)은 세포 호흡을 하므로 버섯(A)에서 이산화 탄소(CO_2 , ㉢)가 생성된다.

✕. 녹색 식물(B)은 초식 동물(C)보다 하위 영양 단계이다.

03 생태 피라미드

안정된 생태계에서는 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량이 감소한다. ㉠은 II, ㉡은 III, ㉢은 I이다.

✕. ㉡은 III이다.

㉣. 생산자의 피식량 감소는 II(㉠)가 III(㉡)으로 되는 원인에 해당한다.

㉤. III(㉡)이 I(㉢)로 되는 과정에서 1차 소비자의 에너지량은 증가한다.

04 생물 다양성

I은 유전적 다양성, II는 생태계 다양성, III은 종 다양성이다.

㉠. 같은 종의 개체들에서 다양한 형질이 나타나는 것은 유전적 다양성이므로 I은 유전적 다양성이다.

✕. (가)의 종 수는 4, (나)의 종 수는 5이므로 (나)에서가 (가)에서보다 종 다양성(III)이 높다.

㉣. D의 상대 밀도는 (가)에서는 25%이고, (나)에서는 20%이다.

05 천이, 물질의 생산과 소비

㉠은 음수림, ㉡은 초원, ㉢은 양수림이고, ㉣는 호흡량, ㉤는 순생산량이다.

×. 산물은 음수림(㉠)이 초원(㉡)이 되는 시점(t_1)에서 일어났다.

×. 총생산량은 순생산량과 호흡량을 합친 값으로, 구간 I에서 총생산량은 감소한다.

⊙. 식물의 순생산량 중 피식량은 초식 동물에게 먹히는 유기물의 양이고, 그중 일부가 초식 동물의 호흡에 이용되므로 초식 동물의 호흡량은 순생산량(㉤)에 포함된다.

06 생물 다양성의 보전

×. 동물 개체군은 공원 면적이 넓을수록 개체군 당 개체 수가 증가한다.

⊙. 대형 육식 동물 개체군의 수를 증가시키기 위해서는 개체군이 장기간 유지되기 위해 필요한 최소한의 개체 수(N_{\min}) 이상이 되어야 하므로 10^4 km^2 이상의 공원 면적이 필요하다. 따라서 대형 육식 동물 개체군의 수를 증가시키기 위해서는 대공원의 비율을 늘려야 한다.

⊙. 개체군이 장기간 유지되기 위해 필요한 최소한의 개체 수(N_{\min})가 대형 육식 동물 개체군은 공원 면적이 약 10^4 km^2 이상이고, 소형 초식 동물 개체군은 공원 면적이 약 10^0 km^2 이상이다. 따라서 동물 개체군을 보호하기 위해 필요한 공원 면적은 대형 육식 동물이 소형 초식 동물보다 크다.

01 생명 과학의 이해

수능 2점 테스트 본문 12~14쪽

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

수능 3점 테스트 본문 15~17쪽

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

03 물질대사와 건강

수능 2점 테스트 본문 33~35쪽

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

수능 3점 테스트 본문 36~39쪽

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

02 생명 활동과 에너지

수능 2점 테스트 본문 22~24쪽

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

수능 3점 테스트 본문 25~27쪽

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ① | 02 ③ | 03 ⑤ | 04 ② | 05 ② | 06 ① |
|------|------|------|------|------|------|

04 자극의 전달

수능 2점 테스트 본문 48~51쪽

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

수능 3점 테스트 본문 52~57쪽

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

05 신경계

수능 2점 테스트 본문 64~67쪽

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

수능 3점 테스트 본문 68~71쪽

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

07 방어작용

수능 2점 테스트 본문 97~100쪽

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

수능 3점 테스트 본문 101~107쪽

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

06 항상성

수능 2점 테스트 본문 79~82쪽

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

수능 3점 테스트 본문 83~89쪽

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

08 유전 정보와 염색체

수능 2점 테스트 본문 118~121쪽

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

수능 3점 테스트 본문 122~127쪽

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

09 사람의 유전

수능 2점 테스트 본문 138~141쪽

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

수능 3점 테스트 본문 142~147쪽

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

11 생태계의 구성과 기능

수능 2점 테스트 본문 172~174쪽

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

수능 3점 테스트 본문 175~179쪽

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

10 사람의 유전병

수능 2점 테스트 본문 154~157쪽

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

수능 3점 테스트 본문 158~163쪽

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

12 에너지 흐름과 물질 순환, 생물 다양성

수능 2점 테스트 본문 186~188쪽

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

수능 3점 테스트 본문 189~191쪽

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ② | 03 ④ | 04 ④ | 05 ② | 06 ⑤ |
|------|------|------|------|------|------|



내신 중점 ★ 고1~2 권장

| 구분 | 고교 입문 > | | 기초 > | 기본 + 연습 > | 특화 | | |
|-----------|--------------------------|----------|--|--|--|--------|---|
| 국어 | 고등 예비 과정 | 내 등급은? | 윤해정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북 | 기본서 올림포스 유형서 올림포스 유형편 | 올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집 | 국어의 원리 | |
| | | | 어휘가 독해대! 수능 국어 어휘 | | | | |
| 영어 | | | 정승익의 수능 개념 잡는 대박구문 | | | | Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER |
| | | | 주혜연의 해석공식 논리 구조편 | | | | 고급 올림포스 고급영어독해 |
| 수학 | | | 기초 50일 수학 + 기출 워크북 | | | | 고급 올림포스 고난도 |
| | 매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기 | | 수학의 왕도 | | | | |
| 한국사 사회 | | ★ | 기본서 개념안성 개념안성 문항편 | 개념완성 전국연합 학력평가 기출문제집 | 고등학생을 위한 다담은 한국사 연표 | | |
| 과학 | | 50일 통합과학 | | | 인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초 | | |

| 과목 | 시리즈명 | 특징 | 난이도 | 권장 학년 |
|--------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------|
| 전 과목 | 고등예비과정 | 예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1 |
| 국/영/수 | 내 등급은? | 고1 첫 학력평가 + 반 배치고사 대비 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1 |
| | 올림포스 | 내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| 한/사/과 | 올림포스 전국연합학력평가 기출문제집 | 전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | 개념안성&개념완성 문항편 | 개념 한 권 + 문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| 국어 | 개념완성 전국연합학력평가 기출문제집 | 전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | 윤해정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북 | 윤해정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| 영어 | 어휘가 독해대! 수능 국어 어휘 | 학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| | 국어의 원리 | 원리로 이해하는 내신과 수능 대비 국어 특화서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| 수학 | 정승익의 수능 개념 잡는 대박구문 | 정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| | 주혜연의 해석공식 논리 구조편 | 주혜연 선생님과 함께하는 유형별 지문 독해 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| | Grammar POWER | 구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | Reading POWER | 수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | Listening POWER | 유형 연습과 모의고사·수행평가 대비 올인원 듣기 특화서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | Voca POWER | 영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| 과학 | 올림포스 고급영어독해 | 영어 독해력을 높이는 영미 문학/비문학 읽기 | <input type="checkbox"/> | 고2~3 |
| | 50일 수학 + 기출 워크북 | 50일 만에 완성하는 초·중·고 수학의 맥 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| | 매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기 | 스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고1 |
| | 올림포스 유형편 | 유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| | 올림포스 고난도 | 1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 |
| 수학의 왕도 | 직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서 | <input type="checkbox"/> | 고1~2 | |
| 한국사 | 고등학생을 위한 다담은 한국사 연표 | 연표로 흐름을 잡는 한국사 학습 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |
| 과학 | 50일 통합과학 | 50일 만에 통합과학의 핵심 개념 완벽 이해 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고1 |
| 기타 | 수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초 | 파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습 | <input type="checkbox"/> | 예비 고1~고2 |



수능 집중 ★고2~N수 권장

| 구분 | 수능 입문 > | | 기출/연습 > | 연계 보완 > | | 고난도 > | 모의고사 |
|--------|-----------------------------|---------------|------------------------|---------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 국어 | 윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북 | | 윤혜정의 기출의 나비효과 | 수능특강 문학 연계 기출 | 수능특강 사용설명서 | 하루 3개 1등급 국어독서 | FINAL 실전모의고사 |
| 영어 | 윤혜정의 패턴의 나비효과 | 강의노트 수능개념 | 수능 기출의 미래 | 수능연계교재의 VOCA 1800 | 수능완성 사용설명서 | 하루 6개 1등급 영어독해 | 만점마무리 봉투모의고사 시즌1 |
| 수학 | 수능 빌드업 | 기본서 수능 빌드업 | 수능특강Q 미니모의고사 | 수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200 | | 수능연계완성 3주 특강 | 만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도 |
| 한국사 사회 | 수능특강 Light | | eBook 전용 수능완성R 모의고사 | 수능 연계교재 수능특강 수능완성 | | 수능연계완성 3주 특강 | 고난도 논스톱 봉투모의고사 |
| 과학 | 수능 스타트 | | | | | 박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴 | 수능 직전보강 클리어 모의고사 |
| | | | | | | eBook 전용 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략 | eBook 전용 버티컬 모의고사 시즌 1~4 |

| 구분 | 시리즈명 | 특징 | 난이도 | 영역 |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------|
| 수능 입문 | 윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북 | 개념부터 제대로 꼼꼼히 공부하는 수능 국어 개념 | <input type="checkbox"/> | 국어 |
| | 윤혜정의 패턴의 나비효과 | 수능 국어의 패턴 연습으로 부족한 약점 보완 | <input type="checkbox"/> | 국어 |
| | 수능 빌드업 | 개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영 |
| | 수능특강 Light | 수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전 | <input type="checkbox"/> | 영어 |
| | 수능 스타트 | 2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영/사/과 |
| 기출/연습 | 수능개념 | EBS 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 윤혜정의 기출의 나비효과 | 윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복 | <input type="checkbox"/> | 국어 |
| | 수능 기출의 미래 | 올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 수능특강Q 미니모의고사 | 매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영/사/과 |
| | 수능완성R 모의고사 | 과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록 | <input type="checkbox"/> | 수학 |
| 연계 + 연계 보완 | 수능특강 | 최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 수능특강 사용설명서 | 수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석 | <input type="checkbox"/> | 국/영 |
| | 수능특강 문학 연계 기출 | 수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습 | <input type="checkbox"/> | 국어 |
| | 수능완성 | 유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 수능완성 사용설명서 | 수능 연계교재 수능완성의 국어 지문 분석 | <input type="checkbox"/> | 국어 |
| 고난도 | 수능연계교재의 VOCA 1800 | 수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록 | <input type="checkbox"/> | 영어 |
| | 수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200 | 수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록 | <input type="checkbox"/> | 영어 |
| | 하루 N개 1등급 국어독서/영어독해 | 매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력 | <input type="checkbox"/> | 국/영 |
| | 수능연계완성 3주 특강 | 단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영 |
| | 박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴 | 박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습 | <input type="checkbox"/> | 사회탐구 |
| 모의고사 | 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략 | EBS/ 선생님들이 직접 선별한 고변별 문항 연습 | <input type="checkbox"/> | 수/영 |
| | FINAL 실전모의고사 | EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 만점마무리 봉투모의고사 시즌1 | 실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 전 영역 |
| | 만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도 | 변별력 높은 수능까지 대비하는 실전 연습 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영 |
| | 고난도 논스톱 봉투모의고사 | 어려운 시험에 익숙해지는 논스톱 훈련 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 국·수·영 |
| 수능 직전보강 클리어 봉투모의고사 | 수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영 | |
| 버티컬 모의고사 시즌1~4 | 고난도 문항 다수 수록 eBook 전용 모의고사 | <input type="checkbox"/> | 국/수/영 | |

memo