



수능특강

과학탐구영역 생명과학 I

정답과 해설

01 생명 과학의 이해

수능 2점 테스트

본문 12~14쪽

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

01 생물의 특성

세포는 생물을 구성하는 기본 단위이다.

✕. '세포로 구성된다.'는 강아지만 갖는 특징이고, '움직이는 과정에 에너지가 사용된다.'는 강아지와 강아지 로봇이 모두 갖는 특징이다. 따라서 ㉠만 갖는 A는 강아지 로봇이고, ㉠과 ㉡을 모두 갖는 B는 강아지이다.

- ㉠. 생물인 강아지(B)에서 물질대사가 일어난다.
㉡. 강아지 로봇(A)과 강아지(B)가 모두 갖는 ㉠은 '움직이는 과정에 에너지가 사용된다.'이다.

02 귀납적 탐구 방법

귀납적 탐구 과정에서는 가설을 설정하지 않는다.

- ㉠. 이 탐구에서 가설이 제시되지 않았고, 관찰을 통해 얻은 결과를 종합하여 결론을 내렸으므로 귀납적 탐구 방법이 이용되었다.
✕. (나)는 관찰의 수행 단계이다.
㉡. 동지 침입자에 대한 방어는 암컷이 수컷보다 더 적극적이라고 결론을 내렸으므로 ㉠은 암컷이고, ㉡은 수컷이다.

03 생물의 특성

개구리의 알은 발생과 생장을 거쳐 올챙이에서 개구리로 변화한다.

- ㉠. 알이 올챙이를 거쳐 개구리가 되는 발생과 생장 과정에서 세포 분열이 일어난다.
㉡. 소화 기관에서 먹이가 소화(㉢)되는 과정에서 이화 작용이 일어난다.
㉢. '개구리가 겨울에 땅속에 들어가 겨울잠을 자는 것은 추운 날씨에 얼어 죽지 않고 살아남기에 적합하다.'는 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

04 박테리오파지(바이러스)

세포 구조가 아닌 바이러스는 독립적인 물질대사를 할 수 없어 숙주 세포를 이용하여 증식한다.

- ㉠. ㉠은 단백질, ㉡은 DNA이다.
✕. 박테리오파지는 세포막을 갖지 않으므로 세포로 구성되지 않는다.

- ㉢. 숙주 세포로 들어간 박테리오파지의 DNA(㉣)는 숙주 세포 내에서 복제되어 박테리오파지의 증식에 이용된다.

05 생물의 특성

물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응으로 (가)는 물질대사이고, (나)는 항상성이다. 생물은 자극에 대해 반응하며 항상성을 유지한다.

- ㉠. 빛(㉠)에 의해 식물이 휘어 자라게 되므로 빛(㉠)은 자극에 해당한다.
㉡. '이자에서 분비된 소화액에 의해 영양소가 분해된다.'는 물질대사(가)의 예에 해당한다.
㉢. '날씨가 더울 때 체온 유지를 위해 땀을 흘린다.'는 항상성(나)의 예에 해당한다.

06 연역적 탐구 방법

가설을 설정하고, 건강한 양을 두 집단 I과 II로 나눈 뒤 실험군과 대조군을 설정하여 탐구를 수행하였으므로 연역적 탐구 방법이 이용되었다.

- ✕. 탄저병 백신이 탄저병 예방에 효과가 있다고 결론을 내렸으므로 탄저병에 걸리지 않은 I이 ㉠이다.
㉡. (가)에서 가설이 제시되고, (나)에서 대조 실험이 진행되었으므로 연역적 탐구 방법이 이용되었다.
✕. '탄저병 백신의 주사 여부'는 조작 변인에, I과 II에서 탄저병의 발생 여부는 종속변인에 해당한다.

07 과학의 탐구 과정

귀납적 탐구 과정에는 없는 가설 설정 단계가 연역적 탐구 과정에는 있다.

- ✕. (가)는 가설 설정 단계가 없으므로 귀납적 탐구 과정이고, (나)는 연역적 탐구 과정이다.
㉠. ㉠은 인식한 의문에 대해 실험자가 잠정적인 결론을 내리는 가설 설정 단계이다.
㉡. 연역적 탐구 과정인 (나)의 탐구 설계 및 수행 단계에서 대조 실험이 수행된다.

08 생물의 특성 - 적응과 진화

㉤. 오리와 개구리가 물에서 헤엄치는 데 적합한 물갈퀴를 갖는 것과 먹이 종류에 따라 핀치의 부리 모양이 다른 것(㉤)은 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다. ①은 발생과 생장의 예, ②는 항상성의 예, ③은 자극에 대한 반응의 예, ④는 생식과 유전의 예이다.

09 연역적 탐구

연역적 탐구에서는 가설을 세우고, 대조 실험을 통해 얻은 결과를

바탕으로 결론을 내린다.

✕. 세균의 생장이 억제된 범위(㉠)는 실험의 결과이므로 종속변인에 해당한다.

㉡. (가)에서 가설이 제시되었으므로 연역적 탐구 방법이 이용되었다.

㉢. 마늘 추출물을 떨어뜨린 A와 세균의 생장을 억제하는 항생물질인 앰피실린을 떨어뜨린 B에서 세균의 생장이 억제된 범위의 지름이 같으므로 '마늘에는 세균의 생장을 억제하는 물질이 있다.'는 결론인 ㉠에 해당한다.

10 생명 과학의 특성

생명 과학은 생물에서 나타나는 다양한 생명 현상과 다양한 범위의 대상을 통합적으로 연구한다.

㉠. 자극에 대한 반응은 생물에서 나타나는 생명 현상(㉠)에 해당한다.

✕. 생명 과학에서는 분자 → 세포 → 조직 → 기관 → 개체 → 개체군 → 군집 → 생태계에 이르는 다양한 범위의 대상(㉡)을 통합적으로 연구한다.

㉢. 생명 과학은 공학, 물리학, 화학, 정보학, 의학 등의 다른 학문 분야와 연계하여 발달하고 있으며, 생물 정보학은 생명 과학과 정보학을, 생체 모방 공학은 생명 과학과 공학을 연계한 사례에 해당한다.

11 생물의 특성

A는 아메바, B는 바이러스이다.

㉠. 아메바는 특징 '유전 물질이 있다.', '독립적으로 물질대사를 한다.'를 모두 가지므로 B가 될 수 없다. 따라서 A는 아메바이다.

㉡. (가)의 특징 중 바이러스(B)가 갖는 특징은 '유전 물질이 있다.'이다.

㉢. ㉠은 세균과 아메바(A)가 모두 갖는 특징이므로 '세포 구조이다.'는 ㉠에 해당한다.

12 연역적 탐구

연역적 탐구에서는 가설을 세우고, 대조 실험을 한다.

㉠. 과실파리의 날개에 있는 무늬가 포식자로부터 자신을 보호해주는 역할을 하므로 '과실파리의 날개에는 포식자인 깡충거미 다리 모양의 무늬가 있다.'는 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

✕. 실험 결과 과실파리의 날개 무늬가 깡충거미로부터의 공격을 줄여준다고 결론을 내렸으므로 (나)에서 공격을 많이 받은 II가 날개에 검은색 칠을 한 과실파리 집단이다.

㉢. (가)에서 날개에 검은색 칠을 한 집단과 그대로 둔 집단을 설정하여 비교 실험을 진행하였으므로 대조 실험이 수행되었다.

수능 3점 테스트

본문 15~17쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉢ 04 ㉠ 05 ㉢ 06 ㉢

01 생물의 특성

아메바와 죽순은 모두 세포로 이루어진 생물이고, 고드름은 물이 얼어 형성된 비생물이다.

㉠. 아메바는 1개의 세포로 이루어진 단세포 생물로 내·외부 자극에 대해 반응한다.

✕. 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 화학 반응이므로 생물이 아닌 고드름에서는 물질대사가 일어나지 않는다.

㉢. 아메바와 죽순은 모두 세포로 구성된다.

02 바이러스

바이러스는 세포 구조가 아니며 독립적인 물질대사를 할 수 없다.

㉠. 영양 물질과 숙주 세포가 함께 있는 배지에서만 증식하였으므로 A는 바이러스(㉠)이다.

㉡. 바이러스는 유전 물질(핵산)과 단백질을 가지고 있으며, 세포 구조가 아니므로 세포 분열을 할 수 없다. 따라서 A는 ㉠~㉢ 중 ㉠과 ㉡을 갖는다.

㉢. (다)에서 영양 물질만 있는 배지와 영양 물질과 숙주 세포가 함께 있는 배지를 이용한 대조 실험이 수행되었다.

03 생물의 특성

작은 플랑크톤을 먹고 사는 해면은 세포로 구성된 다세포 생물이다.

㉠. 해면은 생물이므로 세포로 구성된다.

㉡. 물속 작은 플랑크톤을 몸 안에서 소화하여 영양분을 얻는 ㉠ 과정에서 물질대사가 일어난다.

㉢. 가랑잎벌레가 나뭇잎과 유사한 형태를 가져 포식자를 피하는 것과 해면이 포식자들로부터 자신을 보호하기 위해 독성 물질을 지니고 있는 것(㉡)은 모두 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

04 연역적 탐구 방법

의문에 대한 잠정적인 결론을 설정하는 가설 설정 단계가 포함된 과학 탐구 방법은 연역적 탐구 방법이다.

㉠. ㉠을 넣은 I과 III에서 모두 발아한 종자 수가 각각 II와 IV에서보다 많고, 커피 찌꺼기를 이용해 만든 액상 퇴비가 식물의 생장에 도움이 된다고 결론을 내렸으므로 ㉠은 1% 커피 찌꺼기 액상 퇴비이다.

㉡. (가)에서 가설(잠정적인 결론)이 설정되었다.

✕. II와 III을 제외하고 실험을 수행했다면 종자의 종류가 다르므로 변인 통제가 제대로 수행되었다고 할 수 없다. 따라서 타당성이 있는 결론을 내릴 수 없다.

05 연역적 탐구

감자의 색 변화를 알아보기 위해 10개씩의 노란색 감자를 동일한 두 상자에 각각 넣은 것은 통제 변인, 빛의 차단 여부는 조작 변인, 감자의 색깔 변화는 종속변인에 해당한다.

- ㉠. (다)에서 빛의 차단 여부를 달리한 대조 실험이 진행되었다.
- ㉡. 빛의 차단 여부는 실험자가 의도적으로 변화시키는 변인에 해당하므로 조작 변인이다.
- ㉢. 빛을 차단하지 않은 II의 감자만 색깔이 초록색으로 변화하였으므로, (라)의 결과는 감자가 빛을 받았을 때 노란색에서 초록색으로 변할 것이라는 이 학생의 가설을 지지한다.

06 연역적 탐구 방법과 귀납적 탐구 방법

제인 구달의 침팬지 연구는 귀납적 탐구 방법(가)의 사례이고, 플레밍의 항생 물질 발견은 연역적 탐구 방법(나)의 사례이다.

- ㉠. (가)는 관찰된 결과를 종합하여 결론을 내리는 귀납적 탐구 방법이다.
- ㉡. (나)에서 ㉠은 가설이다. 가설은 실험을 통해 검증 가능해야 한다.
- ㉢. 여러 과학자의 관찰을 통해 세포설이 입증되는 과정에 귀납적 탐구 방법인 (가)가 이용되었다.

02 생명 활동과 에너지

수능 2점 테스트 본문 21~22쪽

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

01 물질대사

- (가)는 동화 작용, (나)는 이화 작용이다.
- ×. 작고 간단한 물질이 크고 복잡한 물질로 합성되고 에너지가 흡수되는 (가)는 동화 작용이다.
- ×. 크고 복잡한 물질이 작고 간단한 물질로 분해되고 에너지가 방출되는 (나)는 이화 작용이다. 이화 작용의 대표적인 예로는 세포 호흡이 있다. 광합성은 동화 작용의 대표적인 예이다.
- ㉠. 물질대사 과정에서는 에너지의 출입이 다르기 때문에 (가)와 (나)에서 모두 에너지 출입이 일어난다.

02 이화 작용

- (가)는 크고 복잡한 물질인 녹말이 작고 간단한 물질인 포도당으로 분해되는 과정이므로 (가)는 이화 작용이다.
- ㉠. 이화 작용에서는 에너지가 방출된다.
- ㉡. 사람의 소화계에서 분비되는 효소에 의해 녹말이 포도당으로 분해된다.
- ㉢. 포도당(㉡)은 세포 호흡에 의해 이산화 탄소와 물로 분해된다.

03 동화 작용

- (가)는 여러 분자의 ㉠이 결합하여 1분자의 ㉡으로 합성되는 반응이므로 동화 작용이다.
- ㉠. (가)는 동화 작용이다.
- ×. ㉠이 ㉡으로 합성되는 동화 작용은 에너지가 흡수되는 반응이므로 1분자당 에너지량은 ㉠보다 ㉡이 많다.
- ㉢. 간에서는 포도당이 글리코젠으로 합성되거나 아미노산이 단백질로 합성되는 동화 작용이 일어나므로 간은 ㉢에 해당한다.

04 미토콘드리아와 세포 호흡

- 근육 세포 속의 세포 소기관 X는 세포가 생명 활동을 하는 데 필요한 에너지를 공급하는 미토콘드리아이다.
- ㉠. X는 미토콘드리아이다.
- ㉡. 미토콘드리아(X)에서 세포 호흡과 같은 이화 작용이 일어난다.
- ㉢. 미토콘드리아(X)에서 생성된 ATP는 ADP와 무기 인산(P_i)으로 분해되면서 에너지를 방출하고 이때 방출된 에너지는 근수축에 이용될 수 있다.

05 세포 호흡

미토콘드리아에서 일어나는 세포 호흡에서 ㉠은 반응물인 O_2 이고, ㉡와 ㉢은 생성물이며 ㉣은 생명 활동에 이용되는 에너지 저장 물질이므로 ㉡는 H_2O , ㉢은 ATP이다.

- ㉠. ㉠은 O_2 이다.
 ㉡. ㉡(H_2O)는 몸속에서 다시 이용되거나 콩팥이나 폐로 운반되어 오줌이나 땀을 통해 몸 밖으로 배출된다.
 ㉢. ㉢은 ATP이므로 세 개의 인산이 있다.

06 광합성과 세포 호흡

(가)는 광합성이 일어나는 엽록체, (나)는 세포 호흡이 주로 일어나는 미토콘드리아이다.

- ㉠. (가)는 엽록체이다.
 ✕. 광합성 결과 포도당과 O_2 가 생성되므로 ㉠은 포도당이고, 세포 호흡 결과 CO_2 와 H_2O 이 생성되므로 ㉡는 CO_2 이다. 1분자당 에너지량은 포도당(㉠)이 CO_2 (㉡)보다 많다.
 ㉢. 세포 호흡(나)에서 방출되는 에너지의 일부는 ATP에 화학 에너지 형태로 저장되고 나머지는 열에너지로 방출된다.

07 ATP

ATP는 아데닌과 리보스에 세 개의 인산이 결합한 화합물로 인산이 떨어질 때 에너지가 방출된다.

- ㉠. 1분자당 에너지량은 인산 결합이 많은 ATP가 인산 결합이 적은 ADP보다 많다.
 ✕. ATP에서 ADP로 전환될 때 ㉠가 끊어져 에너지가 방출된다.
 ㉢. (나)에서 방출된 에너지는 여러 형태의 에너지로 전환되어 성장, 발생, 정신 활동, 체온 유지, 근육 운동 등의 생명 활동에 이용된다.

08 효모의 물질대사

효모에서는 이화 작용인 세포 호흡과 발효가 일어나며, 세포 호흡과 발효에서는 포도당이 분해되고 이산화 탄소가 발생한다.

- ㉠. B에서 효모의 물질대사 결과 CO_2 가 발생하여 맹관부에 모이게 된다.
 ㉢. A에는 포도당을 분해할 수 있는 효소를 가진 효모가 없어 물질대사가 일어나지 않는다.
 ✕. A와 B에 동일한 농도의 포도당 용액을 넣었으므로 포도당 용액의 농도는 통제 변인에 해당한다. 이 실험의 조작 변인은 효모액의 첨가 여부이다.

수능 3월 테스트

본문 23~25쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉢ 04 ㉢ 05 ㉢ 06 ㉢

01 물질대사

(가)는 뉴클레오타이드가 결합하여 DNA를 합성하는 반응으로 동화 작용이다.

- ㉠. (가)는 뉴클레오타이드(㉠)가 결합하여 DNA(㉢)를 합성하는 과정이다.
 ㉢. I에서는 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 높으므로 반응에서 에너지가 방출되었고, II에서는 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 낮으므로 반응에서 에너지가 흡수되었다. 따라서 I은 이화 작용, II는 동화 작용이며, X는 II에 해당한다.
 ✕. 포도당이 결합하여 글리코젠을 합성하는 과정은 동화 작용이므로 II(동화 작용)에 해당한다.

02 물질대사

(가)는 아미노산(A)이 단백질(B)로 합성되는 동화 작용이고, (나)는 글리코젠(D)이 포도당(C)으로 분해되는 이화 작용이다.

- ㉠. 사람의 간세포에서 일어나는 단백질 합성, 글리코젠 분해에는 모두 효소가 관여한다.
 ㉢. 동화 작용은 에너지가 흡수되는 반응이므로 1분자당 에너지량은 아미노산(A)이 단백질(B)보다 적다.
 ✕. C는 포도당이다.

03 물질대사

머리카락은 주로 단백질로 구성되어 있고 여러 분자의 ㉠이 결합하여 머리카락을 구성하는 ㉢을 합성하는 반응이 일어나므로 ㉠은 아미노산, ㉢은 단백질이다. 근육에서는 포도당(㉡)을 이산화탄소와 물로 분해하여 에너지를 얻는다.

- ㉠. 모근에서는 여러 분자의 아미노산이 결합하여 단백질을 합성하는 동화 작용이 일어난다.
 ㉢. 이자에서는 단백질을 주성분으로 하는 여러 소화 효소와 호르몬을 합성하는 반응이 일어난다. 따라서 소화 효소는 X에 해당한다.
 ㉢. 세포 호흡에 의해 포도당(㉡)이 분해될 때 방출되는 에너지의 일부는 ATP 합성에 이용되고, 나머지는 열에너지로 방출된다.

04 이화 작용

I과 II는 모두 이화 작용이므로 I은 글리코젠(㉠)이 포도당(㉢)으로 분해되는 반응이고 II는 포도당이 세포 호흡에 의해 이산화탄소와 물로 분해되는 반응이다. 1분자당 산소(O)의 수는 ㉢이 ㉡보다 크므로 ㉢은 이산화탄소(CO_2), ㉡은 물(H_2O)이다.

✗. 인슐린은 간에서 포도당이 글리코젠으로 합성되는 반응을 촉진하는 호르몬이다. I은 글리코젠이 포도당으로 분해되는 반응이고 이 반응은 글루카곤에 의해 촉진된다.

㉠. II는 포도당이 이산화 탄소와 물로 분해되는 세포 호흡이며, 이 과정에서 효소가 이용된다.

㉡. 이산화 탄소(㉡)는 주로 폐로 운반되어 날숨을 통해 몸 밖으로 배출된다.

05 ATP

ADP와 무기 인산(P_i)이 결합하여 ATP가 생성되면서 에너지가 저장된다.

㉠. ADP와 무기 인산(P_i)이 결합하는 과정에서 에너지를 흡수하여 ATP가 합성되는 반응은 방전된 건전지가 에너지를 흡수하여 충전된 건전지가 되는 반응에 비유된다. 따라서 ATP는 (나)에서 충전된 건전지에 해당한다.

㉡. (나)의 충전에 해당하는 물질대사는 세포 호흡이며, 사람에서 세포 호흡은 주로 미토콘드리아에서 일어난다.

㉢. 뉴런은 $Na^+ - K^+$ 펌프의 작동으로 분극 상태가 유지되며, $Na^+ - K^+$ 펌프는 ATP를 분해하여 얻은 에너지를 이용하여 세포 밖의 Na^+ 농도를 세포 안보다 높게 유지한다.

06 효모의 세포 호흡

효모에서는 이화 작용인 세포 호흡이 일어나고, 이 과정에서 포도당이 분해되고 이산화 탄소가 발생한다.

㉠. 영양소의 종류가 조작 변인이며, 실험군과 비교하기 위해 증류수를 넣은 A는 대조군이다.

㉡. 효모의 세포 호흡 결과 발생한 이산화 탄소는 물에 녹아 pH를 낮추고 파란색을 띠고 있던 BTB 용액의 색을 점점 열어지게 한다.

㉢. B에서 BTB 용액의 색과 pH의 변화가 나타났으므로 효모의 세포 호흡이 가장 활발하게 일어났음을 알 수 있다.

03 물질대사와 건강

수능 2점 테스트

본문 31~33쪽

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

01 기관의 특징

‘용털을 통한 영양소의 흡수가 일어난다.’는 소장의, ‘물질대사가 일어난다.’는 소장, 위, 간의, ‘암모니아에서 요소로의 전환이 일어난다.’는 간의 특징이다. 따라서 A는 위, B는 소장, C는 간이고, ㉠과 ㉡은 모두 ‘x’이다.

㉢. A는 특징 ‘물질대사가 일어난다.’를 가지는 위이다.

✗. 위(A)에서는 용털을 통한 영양소의 흡수가 일어나지 않고, 소장(B)에서는 암모니아에서 요소로의 전환이 일어나지 않으므로 ㉠과 ㉡은 모두 ‘x’이다.

㉣. 소장(B), 위(A), 간(C)은 모두 소화계에 속하는 기관이다.

02 혈액 순환 경로

㉠은 폐, ㉡은 심장, ㉢은 콩팥이다. 혈액은 심장에서 빠져나온 후 온몸을 거치고 다시 심장으로 되돌아오는 순환 경로를 거친다.

㉣. 폐(㉠)의 폐포와 모세 혈관 사이에서 기체 교환이 일어난다.

㉡. 심장(㉡)은 혈관 등과 함께 순환계에 속한다.

㉢. 콩팥(㉢)은 물의 재흡수를 통해 체내 수분량 조절에 관여한다.

03 폐포의 구조와 기능

폐포는 폐를 구성하는 작은 주머니 모양의 구조를 가지며 공기와 접하는 표면적을 넓힘으로써 기체 교환의 효율을 높인다. ㉠은 CO_2 이고, ㉡은 O_2 이다.

✗. A는 심장에서 폐포의 모세 혈관으로 이동하는 혈액이 흐르는 혈관이고, B는 폐포에서 기체 교환이 일어난 후 다시 심장으로 이동하는 혈액이 흐르는 혈관이므로 단위 부피당 O_2 의 양은 A의 혈액이 B의 혈액보다 적다.

✗. 모세 혈관에서 폐포로 운반되는 기체인 ㉠은 CO_2 이다.

㉡. O_2 (㉡)은 순환계에 속하는 혈관과 심장을 통해 조직 세포로 운반된다.

04 기관의 특징

‘순환계에 속한다.’는 심장의, ‘세포 호흡이 일어난다.’는 심장과 콩팥의 특징이다. 따라서 특징의 개수가 2인 기관 A는 심장이고, B는 콩팥이다. 콩팥은 특징의 개수가 1이므로 ㉠은 1이다.

- ㉠ 특징의 개수가 2인 기관은 심장이므로 A는 심장이다.
 ㉡ 콩팥(B)은 '세포 호흡이 일어난다.'는 특징만 가지므로 ㉠은 1이다.
 ㉢ 콩팥(B)은 체내에서 생성된 노폐물을 오줌의 형태로 몸 밖으로 내보내는 기관이며 배설계에 속한다.

05 노폐물의 생성과 배설

포도당의 세포 호흡 결과 생성되는 노폐물은 물과 이산화 탄소이고, 아미노산의 세포 호흡 결과 생성되는 노폐물은 물, 이산화 탄소, 암모니아이다. 물과 이산화 탄소는 호흡계를 통해, 물과 요소는 배설계를 통해 몸 밖으로 빠져나간다. 따라서 ㉠은 물, ㉡은 암모니아이고, A는 호흡계, B는 배설계이다.

- ㉠ ㉠은 호흡계와 배설계를 통해 배출되는 노폐물이므로 물이다.
 ✕. 방광은 콩팥 등과 함께 배설계에 속하는 기관이므로 B에 속한다.
 ㉡ 암모니아(㉡)는 질소 노폐물로 구성 원소에 질소(N)가 포함된다.

06 기관계의 통합적 작용

영양소를 흡수하고 흡수되지 않은 물질을 배출하는 기관계인 (가)는 소화계, 세포 호흡 결과 생성된 노폐물을 오줌을 통해 배설하는 기관계인 (다)는 배설계이다. 소화계, 호흡계, 배설계로 물질을 운반하는 역할을 하는 기관계인 (나)는 순환계이다.

- ㉠ 소화계(가)는 음식물 속의 영양소를 세포가 흡수할 수 있는 크기로 분해하고 흡수하며 흡수되지 않은 물질을 배출한다.
 ㉡ 배설계(다)를 통해 질소 노폐물이 몸 밖으로 빠져나간다.
 ㉢ 순환계(나)는 소화계, 배설계, 호흡계 등을 연결하는 역할을 하며 순환계를 통해 체내 물질의 운반이 일어난다. 따라서 ㉠과 ㉡에는 모두 O₂의 이동이 포함된다.

07 생콩즙 속 유레이스의 작용

생콩즙에는 요소를 가수 분해하여 암모니아를 생성하는 반응을 촉매하는 유레이스라는 효소가 있다. 따라서 유레이스에 의해 요소의 분해가 일어나면 염기성인 암모니아가 생성되므로 pH는 증가하게 되고, BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 푸른색으로 변화된다.

- ㉠은 증가이고, ㉡은 푸른색이다.
 ✕. III에는 요소가 유레이스에 의해 분해되어 생성된 암모니아가 있으므로 pH가 증가한다. 따라서 ㉠은 증가이다.
 ✕. II의 오줌에는 요소가 있으므로 유레이스의 작용을 통해 염기성인 암모니아가 생성된다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨리면 푸른색으로 변한다. 따라서 ㉡은 푸른색이다.
 ㉢ III에는 요소 용액과 생콩즙을 넣었으므로 생콩즙의 유레이스에 의한 요소의 분해가 일어난다.

08 노폐물의 생성

표 (나)에서 노폐물 ㉠에 질소(N)가 있으므로 ㉠은 질소를 가지는 암모니아이다. A가 세포 호흡에 사용된 결과 생성되는 노폐물에 ㉠이 없으므로 A는 탄수화물이고, B는 단백질이다. 탄수화물(A)이 세포 호흡에 사용된 결과 생성되는 노폐물은 물과 이산화 탄소이고, (나)에서 ㉡에 수소(H)가 없으므로 ㉡은 이산화 탄소이며, ㉢은 물이다.

- ✕. ㉠은 단백질(B)의 세포 호흡 결과 생성되는 노폐물인 암모니아이다.
 ㉡ 이산화 탄소(㉡)는 호흡계에 속하는 폐에서 기체 교환을 통해 몸 밖으로 배출된다.
 ㉢ 단백질(B)의 세포 호흡 결과 생성되는 노폐물에는 물(㉢), 이산화 탄소(㉡), 암모니아(㉠)가 모두 있다.

09 에너지 대사와 균형

생명 활동을 정상적으로 유지하고 건강한 생활을 하기 위해서는 음식물 섭취로부터 얻는 에너지양과 활동으로 소비하는 에너지양 사이에 균형이 잘 이루어져야 한다. A는 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많은 에너지 부족 상태이고, B는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 에너지 과잉 상태이다.

- ✕. A는 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많으므로 에너지 부족 상태이다.
 ㉡ 에너지 과잉 상태(B)가 지속되면 사용하고 남은 에너지를 지방으로 축적하므로 체지방 축적량이 증가한다.
 ㉢ 활동 대사량은 밥 먹기, 공부하기, 운동하기 등 다양한 활동을 하면서 소모되는 에너지양으로 에너지 소비량에 포함된다.

10 대사성 질환

(가)는 고혈압이고, (나)는 고지혈증(고지질 혈증)이다.

- ㉠ 고혈압(가)은 혈압이 정상보다 높은 만성 질환으로 대사성 질환에 속한다.
 ✕. 혈관(㉡)은 순환계에 속한다.
 ㉢ 고지혈증(고지질 혈증)으로 인해 지질 성분이 혈관 내벽에 쌓이면 동맥벽의 탄력이 떨어지고 혈관의 지름이 좁아지기 때문에 동맥 경화 등 심혈관 질환의 원인이 된다.

11 에너지 대사

1일 대사량은 기초 대사량과 활동 대사량, 음식물의 소화와 흡수에 필요한 에너지양 등을 더한 값으로 하루 동안 생활하는 데 필요한 총에너지양이다.

- ㉠ A의 평균 에너지 필요량은 2000 kcal이고, 평균 에너지 섭취량은 1900 kcal이므로 평균 에너지 필요량보다 적은 에너지를 섭취하고 있다.
 ㉡ C의 평균 에너지 섭취량 중 단백질 섭취 비율은 약 17%이므로

로 적절한 비율의 단백질을 섭취하고 있다.

✗. 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태가 지속되면 비만이 될 가능성이 높다. 평균 에너지 필요량은 A가 2000 kcal, B와 C는 2700 kcal이고, 평균 에너지 섭취량은 A가 1900 kcal, B가 2600 kcal, C가 3240 kcal이므로 A는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적은 상태이다. 따라서 비만이 될 가능성이 가장 높은 학생은 B가 아니다.

12 에너지 대사

에너지 소비량이란 다양한 물질대사 및 활동으로 소비하는 에너지를 의미한다.

- ㉠ 기초 대사량이란 체온 조절, 심장 박동, 혈액 순환, 호흡 활동과 같은 생명 현상을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양이다.
- ㉡ 음식물의 소화와 흡수 및 이동과 저장하는 데에도 에너지가 소비된다.
- ㉢ 활동 대사량이란 운동하기, 공부하기 등 육체적 활동이나 정신적 활동 등으로 소비되는 에너지양이다.

수능 3점 테스트

본문 34~37쪽

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

01 기관계의 특징

- (가)는 배설계, (나)는 호흡계, (다)는 소화계이다. ㉠은 콩팥, ㉡은 폐, ㉢은 간, ㉣은 소장이다.
- ㉠ (다)는 간과 소장 등이 속하는 소화계이다.
 - ㉡ 동화 작용은 저분자의 물질을 고분자의 물질로 합성하는 물질대사이다. 따라서 체내 모든 기관은 물질대사가 일어나므로 ㉠~㉣에서 모두 동화 작용이 일어난다.
 - ㉢ 간(㉢)에서 생성된 노폐물의 일부는 배설계와 호흡계를 통해 몸 밖으로 빠져나간다.

02 기관계의 통합적 작용

- 폐, 기관지가 속하는 기관계는 호흡계이므로 (가)는 호흡계이다. 음식을 분해하여 흡수하는 특징을 가지는 기관계는 소화계이므로 (나)는 소화계이다. (다)는 배설계이다. 따라서 ㉠은 O_2 , ㉢은 CO_2 , ㉣은 탄수화물, ㉡은 흡수되지 않은 물질이다.
- ㉠ (가)는 '폐, 기관지가 속한다.'는 특징을 가지는 호흡계이다.
 - ✗. 탄수화물(㉣)의 구성 원소에는 탄소(C)가 있지만 O_2 (㉠)의 구성 원소에는 탄소(C)가 없다.
 - ㉢ '질소 노폐물을 배설한다.'는 배설계(다)의 특징에 해당한다.

03 기관계의 특징

- ㉠은 폐, ㉢은 간, ㉣은 콩팥이다.
- ✗. 폐(㉠)는 호흡계에, 콩팥(㉣)은 배설계에 속한다.
- ㉡ 간(㉡)에서 포도당이 글리코젠으로 합성되는 과정이 일어난다.
- ㉢ 폐에서 기체 교환을 통해 O_2 가 풍부해진 혈액은 ㉣를 통해 심장으로 운반되고 O_2 를 조직 세포에 공급한다. O_2 가 풍부하지 않은 혈액은 다시 심장으로 되돌아온 후 심장에서 폐로 연결된 ㉠를 통해 폐로 운반된다. 따라서 단위 부피당 O_2 의 양은 ㉣의 혈액이 ㉠의 혈액보다 많다.

04 기관계의 특징

- '이화 작용이 일어난다.'는 순환계와 호흡계의 특징에, '폐가 속하는 기관계이다.'는 호흡계의 특징에 해당한다. 따라서 ㉠은 '폐가 속하는 기관계이다.'이고, ㉢은 '이화 작용이 일어난다.'이다. 따라서 ㉣와 ㉡는 모두 '○'이고, A는 순환계, B는 호흡계이다.
- ㉠ 심장은 순환계(A)에 속한다.

- ㉠. 소화계를 통해 흡수된 영양소의 일부는 순환계(A)를 통해 호흡계(B)로 운반된다.
- ㉡. ㉠과 ㉢는 모두 '○'이다.

05 비만과 비만도

비만은 대사성 질환의 원인이 될 수 있다.

- ㉠. 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태는 에너지 소비량과 에너지 섭취량의 불균형 상태이다.
- ㉡. 비만은 대사성 질환(㉢)에 해당하는 고혈압의 원인이 될 수 있다.
- ㉢. A~C의 표준 체중, 현재 체중, 비만도, 평가는 표와 같다.

학생	표준 체중 (kg)	현재 체중 (kg)	비만도	평가
A	71.28	60	약 84.2	저체중
B	60.69	60	약 98.9	정상
C	53.76	65	약 121	비만

06 생콩즙 속 유레이스의 작용

생콩즙에는 요소를 가수 분해하여 암모니아를 생성하는 반응을 촉매하는 효소인 유레이스가 있다. 따라서 유레이스에 의해 요소의 분해가 일어나면 염기성인 암모니아가 생성되므로 pH가 증가한다. I에서 요소 용액과 ㉠을 넣었을 때 pH 변화가 없으므로 ㉠은 오줌과 증류수 중 하나이다. II와 IV에서 pH가 증가하므로 ㉡은 생콩즙이고, ㉢은 오줌이다. 따라서 ㉠은 증류수이다.

- ㉠. 요소 용액과 증류수(㉠)를 함께 넣으면 pH에 변화가 일어나지 않는다.
- ㉡. pH 변화는 실험을 통해 측정되는 결과에 해당하므로 종속변인이다.
- ㉢. II와 IV에는 생콩즙(㉡)을 첨가하였으므로 생콩즙(㉡)의 유레이스에 의해 요소가 분해되어 생성된 암모니아가 있다.

07 기초 대사량과 에너지 소비량

- ㉠은 기초 대사량, ㉡은 활동 대사량이다.
- ㉢. 생명 활동에 필요한 최소한의 에너지량은 기초 대사량(㉠)이고, 공부나 운동 등 다양한 활동을 하는 데 소비되는 에너지량은 활동 대사량(㉡)이다.
- ㉣. A는 하루 동안 잠자기로 480 kcal를 소비하고 공부하기는 540 kcal를 소비하므로 A가 하루 동안 가장 많은 에너지를 소비한 활동은 잠자기가 아니다.
- ㉤. A는 하루 동안 잠자기로 480 kcal, 식사로 540 kcal, 공부하기로 540 kcal, TV 시청으로 264 kcal, 청소로 180 kcal를 소비했으므로 A가 하루 동안 소비한 에너지량은 총 2004 kcal이다.

08 노폐물의 생성

단백질의 물질대사 과정에서 노폐물로 암모니아, 물, 이산화 탄소가 생성되고, 탄수화물과 지방의 물질대사 과정에서 노폐물로 물, 이산화 탄소가 생성된다. A는 지방, B는 단백질이다. ㉠은 이산화 탄소, ㉡은 암모니아이다.

- ㉢. A는 물질대사 결과 노폐물로 이산화 탄소(㉠)와 물이 생성되므로 지방이다.
- ㉣. 암모니아(㉡)는 간에서 요소로 전환된다.
- ㉤. 혈액을 통해 콩팥으로 운반된 요소는 콩팥에서 여과, 재흡수, 분비 과정을 통해 오줌에 농축되어 몸 밖으로 나간다. 따라서 혈액의 단위 부피당 요소의 양은 ㉢의 혈액이 ㉣의 혈액보다 많다.

04 자극의 전달

수능 2점 테스트

본문 46~49쪽

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

01 뉴런의 구조

A는 가지 돌기, B는 축삭 돌기 말단이다.

✗. 시냅스 소포는 주로 축삭 돌기 말단에 있으므로 밀도는 B에서 A에서보다 크다.

○. 말미집을 구성하는 ①은 슈반 세포이다.

○. 뉴런의 축삭 돌기 말단이 골격근(반응 기관)에 분포해 있으므로 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

02 뉴런의 종류

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

○. 원심성 뉴런(A)과 구심성 뉴런(C)은 모두 말초 신경계를 구성한다.

✗. 연합 뉴런(B)의 축삭 돌기 말단은 원심성 뉴런의 가지 돌기나 신경 세포체와 닿아 있다. 축삭 돌기 말단이 반응 기관에 분포하는 뉴런은 원심성 뉴런이다.

✗. 말미집(①)은 절연체 역할을 하므로 역치 이상의 자극을 주어도 흥분이 발생하지 않는다. 따라서 ②에 역치 이상의 자극을 주어도 ①에서 활동 전위가 발생하지 않는다.

03 흥분의 전도와 전달

A는 민말미집 뉴런 2개가 시냅스로 연결된 신경이고, B는 민말미집 뉴런, C는 말미집 뉴런이다.

✗. A에는 말미집이 없으므로 도약전도가 일어나지 않는다.

○. 말미집 뉴런이 민말미집 뉴런보다 흥분 전도 속도가 빠르므로 P에서부터 Q까지 흥분 전도 속도는 C에서 가장 빠르다.

✗. C의 P와 Q는 같은 뉴런에 있는 지점이므로 발생하는 활동 전위의 크기는 같다.

04 축삭 돌기의 굵기와 흥분의 이동

오징어는 말미집이 없는 민말미집 신경을 갖고 있고, 일반적으로 축삭 돌기가 굵을수록 저항이 감소하여 흥분 이동 속도가 빠르다.

○. X는 민말미집 신경이므로 도약전도가 일어나지 않는다.

○. 일반적으로 축삭 돌기가 굵을수록 저항이 감소하여 흥분 이동 속도가 빠르므로 '빠르다'는 ③에 해당한다.

○. 뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면 자극을 받은 부위에서 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 세포 안으로 급격하게 확산되어 막전위가 급격하게 상승하는 변화가 일어난다. 따라서 ①(활동 전위 발생에 관여하는 이온)의 예에는 Na^+ 이 있다.

05 분극

분극 상태일 때 뉴런은 세포막을 경계로 안이 상대적으로 음(-)전하, 밖이 상대적으로 양(+)전하를 띤다. $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프(C)는 ATP를 분해하여 얻은 에너지를 이용하여 세포 안의 Na^+ 을 세포 밖으로 내보내고, 세포 밖의 K^+ 을 세포 안으로 들여온다. 이로 인해 뉴런의 Na^+ 농도는 항상 세포 밖이 안보다 높고, K^+ 농도는 세포 안이 밖보다 높다. 또한 분극 상태일 때 K^+ 통로(B)는 일부 열려 있고, Na^+ 통로(A)는 대부분 닫혀 있다. 따라서 ③은 Na^+ , ⑥은 K^+ 이고, (가)는 세포 밖, (나)는 세포 안이다.

○. ③은 Na^+ 이다.

○. K^+ (⑥)의 농도는 항상 세포 안(나)에서가 밖(가)에서보다 높다.

✗. 분극 상태일 때 뉴런은 세포막을 경계로 세포 안(나)이 상대적으로 음(-)전하, 밖(가)이 상대적으로 양(+)전하를 띤다.

06 흥분의 전도와 이온의 막 투과도

구간 I은 탈분극 구간이고, 구간 II는 재분극 구간이다. ①은 Na^+ 이고, ②은 K^+ 이다.

○. 구간 I(탈분극 구간)에서 Na^+ (①)은 Na^+ 통로를 통해 세포 밖에서 안으로 확산된다.

○. 구간 II에서는 재분극이 일어나고 있다.

✗. 자극을 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 세포막은 분극 상태이고, 분극 상태일 때 K^+ 통로는 일부 열려 있어 세포막을 통한 확산이 일어난다.

07 흥분의 전도

(나)의 막전위 변화를 (가)와 비교해보면 재분극 속도가 느려졌으므로 X가 K^+ 통로를 통한 K^+ 의 이동을 억제하는 것을 알 수 있다.

✗. X는 K^+ 통로를 통한 K^+ 의 이동을 억제한다.

○. Na^+ 의 막 투과도가 커지면서 막전위가 상승한다. 따라서 Na^+ 의 막 투과도는 t_1 일 때(막전위가 상승할 때)가 t_2 일 때(막전위가 하강할 때)보다 크다.

✗. t_3 일 때 K^+ 통로를 통한 K^+ 의 이동이 억제되지만 막전위 하강이 일어나고 있다. 이러한 막전위 하강은 주로 K^+ 통로에 의해 K^+ 이 세포 밖으로 유출되어 일어난다. 또한 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프에 의한 K^+ 이동도 일어난다.

08 Na⁺ 통로와 K⁺ 통로

분극 상태에서 Na⁺ 통로만 열리면 Na⁺이 세포 밖에서 안으로 유입되므로 막전위가 상승하고, K⁺ 통로만 열리면 K⁺이 세포 안에서 세포 밖으로 유출되므로 막전위가 하강한다. 따라서 ㉠은 Na⁺ 통로, ㉡은 K⁺ 통로이다.

㉠ ㉡은 Na⁺ 통로이다.

✗. Na⁺의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 항상 높으므로

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

✗. 구간 II에서 K⁺ 통로(㉡)를 통한 K⁺의 이동은 확산에 의해 일어나므로 ATP가 사용되지 않는다.

09 흥분의 전도

2 ms일 때 ㉠은 재분극 상태이고 ㉡과 ㉢은 분극 상태와 탈분극 상태 중 하나이므로 역시 이상의 자극을 1회 주었을 때 ㉠ → ㉡ → ㉢ 순으로 흥분이 전도되었음을 알 수 있다. 따라서 자극을 준 지점은 P이고, I은 ㉡, II는 ㉢이다.

㉠ 자극을 준 지점은 P이다.

㉡ 1 ms일 때 ㉡과 ㉢에서 모두 Na⁺-K⁺ 펌프에 의해 이온이 이동하여 분극 상태가 유지되고 있다.

㉢ 2 ms일 때 ㉠은 재분극 상태이므로 K⁺은 K⁺ 통로를 통해 확산된다.

10 흥분의 전달

골격근은 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로부터 흥분을 전달받아 수축한다.

㉠ X는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이므로 말초 신경계에 속한다.

✗. 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비되므로 ㉠은 아세틸콜린이다.

㉡ 아세틸콜린(㉡)이 골격근의 근육 섬유 세포막 수용체에 결합하면 Na⁺ 통로가 열리면서 탈분극이 일어난다.

11 흥분의 전도

자극을 주고 경과된 시간이 5 ms일 때 d₁~d₃의 막전위가 각각 -80 mV, -70 mV, -60 mV 중 하나이고, P로부터 d₁, d₂, d₃ 순으로 가까우므로 다음과 같은 경우가 가능하다.

구분	d ₁	d ₂	d ₃
i)	-70(㉡)	-80(㉢)	-60(㉠)
ii)	-80(㉢)	-60(㉠)	-70(㉡)

i)의 경우 P에서 d₂까지 거리는 6 cm이고, 흥분이 도달할 때까지 걸린 시간이 3 ms이므로 흥분 전도 속도가 2 cm/ms인데 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ii)의 경우가 조건에 부합한다.

✗. P에서 d₁까지 거리는 4 cm이고, 흥분이 도달할 때까지 걸린 시간이 3 ms이므로 흥분 전도 속도는 $\frac{4}{3}$ cm/ms이다.

㉡ ㉢은 d₃이다.

✗. 자극을 주고 경과된 시간이 6 ms일 때 ㉠은 흥분이 전도되고 1.5 ms가 지났을 때이므로 재분극이 일어나고 있다.

12 흥분 전달에 영향을 미치는 약물

A는 시냅스 이후 뉴런의 신경 전달 물질이 결합하는 수용체에 정확히 결합하여 흥분을 전달하므로 신경 전달 물질에 의한 반응을 유도한다. B는 시냅스 이후 뉴런의 수용체에 결합하지만 수용체를 활성화하지 못하므로 신경 전달 물질에 의한 반응을 차단한다.

㉠ A는 시냅스 이후 뉴런의 신경 전달 물질이 결합하는 수용체와 입체 구조가 정확히 상보적이므로 흥분을 전달할 수 있다.

✗. B는 시냅스 이후 뉴런의 수용체에 결합하였다.

㉡ A는 신경 전달 물질에 의한 반응을 유도하는 약물이고, B는 신경 전달 물질에 의한 반응을 차단하는 약물이다.

13 골격근의 작용

골격근은 힘줄에 의해서 서로 다른 뼈에 붙어 있으며, 두 뼈는 관절과 인대에 의해서 서로 연결되어 있다.

㉠ 골격근은 길이 방향으로 평행하게 배열된 근육 섬유 다발로 이루어져 있다.

㉡ ㉠은 (가)일 때 수축한 상태이고, (나)일 때 이완한 상태이다. 근육이 수축할 때 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아지고 H대의 길이도 짧아진다.

✗. ㉡은 (가)일 때 이완한 상태이고, (나)일 때 수축한 상태이다. 근육의 수축과 이완에 따라 근육 원섬유 마디의 길이는 변하지만 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.

14 골격근의 구조

골격근은 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되어 있고, 근육 섬유 다발은 여러 개의 근육 섬유로 되어 있다. 근육 섬유는 근육 세포로, 근육 세포에는 여러 개의 핵이 존재한다. ㉠은 근육 섬유, ㉡은 근육 원섬유, ㉢은 액틴 필라멘트, ㉣은 마이오신 필라멘트이다.

㉠ 근육 섬유(㉠)에는 여러 개의 핵이 존재한다.

㉡ 근수축이 일어나는 과정에서 액틴 필라멘트(㉢)와 마이오신 필라멘트(㉣)의 길이는 변하지 않는다.

㉢ 마이오신 필라멘트가 존재하는 (가) 부위는 현미경으로 관찰하면 어둡게 보이는 암대(A대)이고, 액틴 필라멘트만 존재하는 (나) 부위는 현미경으로 관찰하면 밝게 보이는 명대(I대)이다.

15 골격근의 수축과 이완

근육이 수축하거나 이완하더라도 ㉠의 길이(마이오신 필라멘트의 길이=A대의 길이)는 변하지 않으므로 ㉡가 ㉠이다. 근육이 수축하거나 이완할 때 ㉠의 길이(I대 길이의 절반)가 x만큼 변하면 ㉢의 길이(H대의 길이)는 2x만큼 변하므로 ㉣은 ㉠이고, ㉢은 ㉡

이다. 이에 따라 제시된 표를 완성하면 다음과 같다.

시점	길이(μm)			
	㉠(㉡)	㉢(㉣)	㉤(㉥)	X
t_1	0.6	?(1.6)	0.2	2.0
t_2	0.8	1.6	0.3	2.2

✗. ㉠은 ㉡이다.

○. t_1 일 때 A대의 길이(㉢의 길이)는 $1.6 \mu\text{m}$ 이다.

✗. t_2 일 때 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 구간의 길이는 A대의 길이에서 H대의 길이(㉤의 길이)를 뺀 값이므로 $1.6 \mu\text{m} - 0.8 \mu\text{m} = 0.8 \mu\text{m}$ 이다.

16 근수축의 에너지원

근육에서 ATP는 크레아틴 인산의 분해와 세포 호흡 과정 등으로 생성된다.

○. ATP가 분해될 때 방출되는 에너지가 근수축에 사용되므로 ㉠은 ADP, ㉡는 ATP이다.

○. ㉢(ATP)가 ㉠(ADP)로 되는 과정에서 방출되는 에너지는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가는 데 사용된다.

○. 세포 호흡에 사용되는 영양소에는 포도당, 지방산, 아미노산 등이 있다.

수능 3점 테스트

본문 50~57쪽

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

01 흥분의 전도

이 신경에서 활동 전위가 일어나면 자극을 준 지점을 기준으로 가까운 지점부터 활동 전위가 발생한다. $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위 변화가 ㉠~㉤의 세 가지이므로 양방향 전도가 일어났음을 알 수 있으므로 자극을 준 지점은 d_2 또는 d_3 이다.

✗. d_2 에서 측정된 막전위 변화는 ㉠ 또는 ㉡이다. ㉠인 경우는 2 ms 직후 d_2 에서 휴지 전위를 회복하므로 Na^+ 의 막 투과도는 급격히 상승하지 않는다. ㉡인 경우는 2 ms 직후 d_2 에서 재분극이 일어나므로 K^+ 의 막 투과도가 상승한다.

○. K^+ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 항상 높으므로

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

○. d_4 에서 측정된 막전위는 ㉢ 또는 ㉤이고, 1 ms일 때 d_4 의 막 전위는 음(-)의 값이므로 세포 안은 세포 밖보다 상대적으로 음(-)전하를 띤다.

02 흥분의 전도

시냅스 이전 뉴런의 흥분이 축삭 돌기 말단까지 전도되면 축삭 돌기 말단에 존재하는 시냅스 소포가 세포막과 융합되면서 시냅스 소포에 있던 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 분비된다.

○. I을 주었을 때 활동 전위가 발생하지 않았으므로 X의 지점 P에서는 Na^+ 의 막 투과도가 증가하는 현상이 나타나지 않는다.

○. II와 III을 주었을 때 발생한 막전위 변화 크기가 같으므로 발생한 활동 전위의 크기는 같음을 알 수 있다.

✗. I을 주었을 때 활동 전위가 발생하지 않았으므로 신경 전달 물질이 방출되지 않고(㉢), 단위 시간당 활동 전위 발생 빈도에 비례하여 신경 전달 물질이 방출되므로 단위 시간당 활동 전위 발생 빈도가 가장 큰 III일 때 X의 축삭 돌기 말단에서의 신경 전달 물질 방출은 ㉠이다.

03 K^+ 농도와 휴지 전위

세포 밖 K^+ 농도가 정상 범위보다 낮아지면 세포 안과 밖의 K^+ 농도 차를 증가시켜 정상인의 휴지 전위(-70 mV)보다 휴지 전위 값이 더 낮아지게 된다.

○. 세포 밖 K^+ 농도보다 세포 안 K^+ 농도가 항상 높으므로

$\frac{\text{세포 안 } \text{K}^+ \text{ 농도}}{\text{세포 밖 } \text{K}^+ \text{ 농도}} > 1$ 이다.

- ㉠ 동일한 세기의 자극을 주었을 때 정상인에서는 활동 전위가 발생하였으나 P에서는 활동 전위가 발생하지 않았으므로 활동 전위를 발생시키는 최소한의 자극의 세기는 정상인에서보다 P에서 더 컸음을 알 수 있다.
- ㉡ 세포 밖 K^+ 의 농도 변화는 P의 그래프에서 나타난 것과 같이 휴지 전위의 값에 영향을 준다.

04 흥분의 전도

d_1 에 역치 이상의 자극을 A와 B에 동시에 주었으므로 경과한 시간에 상관없이 A와 B의 d_1 에서의 막전위는 같다. 제시된 표에서 ㉠~㉣ 중 막전위가 같은 것은 ㉠이므로 ㉠이 d_1 이다. d_1 에 역치 이상의 자극을 주고 A와 B의 d_1 (㉠)에서 측정된 막전위는 ㉠일 때 -80 mV , ㉡일 때 $+30\text{ mV}$, ㉢일 때 -70 mV 이므로 ㉠은 자극을 주고 경과한 시간이 3 ms 일 때, ㉡는 2 ms 일 때, ㉢는 4 ms 일 때이다. ㉠이 d_1 이므로 ㉣는 d_2 또는 d_3 이다. ㉣가 d_2 , ㉣가 d_3 이면, 자극을 주고 경과한 시간이 3 ms 일 때(㉠) B의 ㉣(d_1)와 ㉣(d_2)에서 측정된 막전위가 각각 -80 mV , $+30\text{ mV}$ 이므로 ㉣(d_1)에서 발생한 흥분이 ㉣(d_2)에 도달할 때까지 걸린 시간은 1 ms 이며, ㉣(d_1)와 ㉣(d_2) 사이의 거리가 1 cm 이므로 흥분 전도 속도는 1 cm/ms 이다. 흥분 전도 속도는 B가 A의 2배이므로, A의 흥분 전도 속도는 0.5 cm/ms 이다. 자극을 주고 경과한 시간이 3 ms 일 때(㉠) A의 ㉣(d_2)와 ㉣(d_3)에서 측정된 막전위는 각각 -60 mV , -70 mV 이다. 따라서 w 는 -60 , y 는 -70 이다. 자극을 주고 경과한 시간이 2 ms 일 때(㉡)도 마찬가지로 ㉣(d_2)와 ㉣(d_3)에서 측정된 막전위는 각각 -70 mV 이므로 y 여야 하는데 표에 제시된 내용과 다르므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 ㉣는 d_3 , ㉣가 d_2 이다. 이를 바탕으로 표에 정리하면 다음과 같다.

구분	막전위(mV)								
	㉠(3 ms)			㉡(2 ms)			㉢(4 ms)		
	㉠	㉡	㉢	㉠	㉡	㉢	㉠	㉡	㉢
A	-80	-60	+30	+30	-70	-60	-70	+30	-80
B	-80	+30	? (재분극)	+30	-60	? (탈분극)	-70	-80	?

- ✗. 자극을 주고 경과한 시간이 3 ms 일 때(㉠) A의 ㉣(d_1)와 ㉣(d_2)에서 측정된 막전위가 각각 -80 mV , $+30\text{ mV}$ 이므로 ㉣(d_1)에서 발생한 흥분이 ㉣(d_2)에 도달할 때까지 걸린 시간은 1 ms 이며, ㉣(d_1)와 ㉣(d_2) 사이의 거리가 1 cm 이므로 흥분 전도 속도는 1 cm/ms 이다.
- ㉠. w 는 -60 , x 는 -80 , y 는 $+30$, z 는 -70 이다.
- ✗. 3 ms 일 때 B의 ㉣에서는 재분극이 일어나고 있다.

05 흥분의 전도

P와 Q에서는 도약전도가 일어나 활동 전위가 정상적으로 발생하

- 다. X의 축삭 돌기 말단에서는 신경 전달 물질이 방출되지 않았으므로 R(㉠)까지 흥분이 전도되지 않았음을 알 수 있다.
- ㉠. 2 ms 일 때 P에서는 과분극이 일어나고 있다.
- ㉡. Na^+ 통로의 밀도는 말미집보다 랑비에 결절에서 더 크다.
- ㉢. ㉠은 R이다.

06 신경 전달 물질

- ㉠에 전기 자극을 주었을 때 I의 심장 박동수가 감소하였으므로 ㉠은 부교감 신경이며, 부교감 신경의 말단에서 분비되는 아세틸콜린이 관을 통해 B에 전달되어 II의 심장 박동수도 감소되었음을 알 수 있다.
- ✗. ㉠은 교감 신경이다.
- ㉡. 아세틸콜린은 X에 포함된다.
- ✗. ㉠에 전기 자극을 주었을 때 II에서 발생한 활동 전위의 빈도는 변화했다.

07 흥분의 전도와 전달

d_1 에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이 3 ms 일 때 A의 d_1 과 d_2 에서 막전위를 측정하였고, 그림 (가)에 각 지점에서의 막전위 변화가 나타나 있다. 경과된 시간이 3 ms 일 때 d_1 의 막전위는 -80 mV 이고, 표에서 ㉠의 ㉣와 ㉢의 ㉣가 해당된다. ㉢가 3 ms 일 때라고 가정하면, ㉣가 d_1 , ㉣가 d_2 이고 각각 막전위가 -80 mV 와 -70 mV 이므로 d_1 에서 d_2 까지 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간이 3 ms 이상이어야 하며, 흥분 전도 속도가 1 cm/ms 보다 작아야 한다. 그러나 A의 흥분 전도 속도($2v$)는 C의 흥분 전도 속도(v)의 2배이고, v 는 1보다 크고 2보다 작으므로 A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms 보다 크고 4 cm/ms 보다 작다. 따라서 조건에 부합하지 않으므로 ㉢가 3 ms 일 때이고, ㉢의 ㉣는 d_2 이다. ㉢가 3 ms 일 때 d_2 의 막전위(x)는 $+30\text{ mV}$ 와 -70 mV 중 하나인데, -70 mV 이라면 d_1 에서 d_2 까지 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간이 3 ms 이상이어야 하며, 흥분 전도 속도가 1 cm/ms 보다 작아야 하므로 x 는 $+30$ 이다. (가)를 통해 d_1 에서 d_2 까지 흥분이 전도되는 시간이 1 ms 이며 A의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms 임을 알 수 있다. 따라서 B의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms , C의 흥분 전도 속도는 1.5 cm/ms 이다.

㉠가 5 ms 일 때라고 가정하면, ㉣와 ㉣가 각각 B의 d_3 과 d_4 중 하나이고, d_3 이 $+30\text{ mV}$, d_4 가 -60 mV 일 때 흥분 전도 속도가 3 cm/ms 를 만족한다. ㉢가 7 ms 일 때라고 가정하면, ㉣와 ㉣가 각각 C의 d_5 와 d_6 중 하나이고, d_5 가 -80 mV , d_6 이 -70 mV 일 때 흥분 전도 속도는 1.5 cm/ms 를 만족한다. 반대로, ㉢가 7 ms 일 때라고 가정하면, ㉣와 ㉣가 각각 C의 d_5 와 d_6 중 하나이고, d_5 와 d_6 이 $+30\text{ mV}$ 또는 -60 mV 일 때 흥분 전도 속도는 1.5 cm/ms 를 만족하지 않는다. 따라서 ㉢가 5 ms 일 때이고, ㉢가 7 ms 일 때이며, ㉣는 d_3 , ㉣는 d_4 , ㉣는 d_5 , ㉣는 d_6 이다.

㉠ 자극을 주고 경과된 시간이 3 ms일 때 ㉠(d_1)와 ㉡(d_2)에서 측정된 막전위가 각각 -80 mV , $+30 \text{ mV}$ 이므로 ㉠(d_1)에서 ㉡(d_2)까지 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은 1 ms이다. ㉠(d_1)와 ㉡(d_2) 사이의 거리는 3 cm이므로 A의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms이다.

㉡. x 는 +30이다.

㉢. 자극을 주고 경과된 시간이 7 ms일 때 ㉢(d_3)에서 측정된 막전위가 -80 mV , ㉣(d_6)에서 측정된 막전위가 -70 mV 이므로 d_1 에서 발생한 흥분이 d_3 까지 전도 및 전달되는 데 걸린 시간은 5 ms이다.

08 원심성 뉴런과 골격근

골격근은 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로부터 흥분을 전달받아 수축한다.

㉠. 골격근을 구성하는 근육 섬유는 근육 세포로 근육 세포에는 여러 개의 핵이 존재한다.

㉡. X는 골격근에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

㉢. 근수축이 일어날 때 액틴 필라멘트의 길이는 변화하지 않고, 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분의 길이가 변화한다.

09 골격근의 수축 원리

㉠은 I대, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분, ㉢은 H대이다.

㉣. I보다 II의 근육 원섬유 마디의 길이가 짧으므로 I은 이완했을 때, II는 수축했을 때이다. 골격근이 수축하는 과정에는 ATP에 저장된 에너지가 사용된다.

㉤. 근수축이 일어나는 과정에서 H대(㉢)의 길이가 감소한 것의 절반만큼 ㉠의 길이가 감소한다. 따라서 $2\textcircled{a} = \textcircled{b}$ 이다.

㉥. 수수깡은 실제 근육 원섬유에서 Z선에 해당한다.

10 골격근의 수축 원리

근수축이 일어나는 과정에서 I대의 길이(㉠)는 감소하고, 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분의 길이(㉡)는 증가하며, H대의 길이(㉢)는 감소한다.

㉣. t_1 일 때가 t_2 일 때보다 ㉠+㉡+㉢의 값이 더 크므로 X의 길이도 더 길다. 따라서 t_1 에서 t_2 로 될 때 X는 수축하였다. 이 과정에서 ㉠의 길이는 감소하고, ㉡의 길이는 증가하며, ㉢의 길이는 ㉠이 감소한 길이의 2배만큼 감소한다. 따라서 ㉠은 ㉡, ㉢은 ㉣, ㉣은 ㉠이다. t_1 일 때 A대의 길이가 $1.6 \mu\text{m} = 2\textcircled{c} + \textcircled{d} = 4d + 4d = 8d$ 이므로 $d = 0.2$ 이다. X의 길이는 A대의 길이 + $2\textcircled{a}$ 이므로 $1.6 \mu\text{m} + 2(4 \times 0.2) = 3.2 \mu\text{m}$ 이다.

㉤. t_2 일 때 $\frac{\text{X의 길이}}{\text{H대의 길이}} = \frac{6d + 6d + 2d}{2d} = 7$ 이다.

㉥. t_3 일 때 ㉠+㉡+㉢ = $3.5d(0.7) + d(0.2) + 2.5d(0.5) = 7d(1.4)$ 이다.

11 골격근의 수축 원리

골격근이 수축할 때 I대의 길이(㉠)는 감소하고, 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분의 길이(㉡)는 증가하므로 ㉡은 수축할 때 값이 커진다. 따라서 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 X가 더 수축했을 때이다. 근육 원섬유 마디 X의 이완 과정에서 X의 길이가 $2x$ 만큼 증가하면, ㉠의 길이는 x 만큼 증가, ㉡의 길이는 x 만큼 감소, ㉢의 길이는 $2x$ 만큼 증가한다. 따라서 t_2 일 때 ㉠의 길이를 a , ㉡의 길이를 b 라 하면, ㉠, ㉡, ㉢, X의 길이는 다음과 같다.

시점	$\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{b}}$	$\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{c}}$	㉠	㉡	㉢	X
t_1 (이완)	$\frac{1}{5}$	㉠	$a+x$	$a-x$	$b+2x$	$4a+b+2x$ $(7b+2x)$
t_2 (수축)	1	$\frac{3}{2}$	a	a	b	$7b$

X($4a+b$)를 $\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{c}} = \frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 을 활용해 정리하면 $7b$ 이다.

$7b(X)$ 는 $2.8 \mu\text{m}$ 이므로 $b = 0.4$ 이고, $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$ 이므로 $a = 0.6$ 이다.

t_1 일 때 $\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{b}} = \frac{a-x}{a+x} = \frac{1}{5}$ 이므로 $x = \frac{2a}{3} = \frac{2 \times 0.6}{3} = 0.4$ 이다. 이

를 바탕으로 표에 ㉠, ㉡, ㉢, X의 길이를 정리하면 다음과 같다.

시점	$\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{b}}$	$\frac{\textcircled{a}}{\textcircled{c}}$	㉠	㉡	㉢	X
t_1 (이완)	$\frac{1}{5}$	㉠($\frac{5}{6}$)	1.0	0.2	1.2	3.6
t_2 (수축)	1	$\frac{3}{2}$	0.6	0.6	0.4	2.8

㉥. ㉠은 $\frac{5}{6}$ 이므로 1보다 작다.

㉣. ㉠의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은 t_1 일 때가 $2.2 \mu\text{m}$ 이고, t_2 일 때가 $1.0 \mu\text{m}$ 이므로 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 $1.2 \mu\text{m}$ 만큼 크다.

㉤. t_1 일 때 X의 길이는 $3.6 \mu\text{m}$ 이다.

12 골격근의 수축 원리

㉠+㉢의 값은 X의 길이에 따라 변화하지 않는다. ㉠~㉢의 길이 중 두 가지 길이를 더한 값이 변화하지 않는 경우는 ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 경우이며, 이는 액틴 필라멘트의 길이이다. 따라서 ㉠과 ㉢은 각각 ㉡과 ㉢ 중 하나이고, ㉣은 ㉠이다.

㉣일 때 X의 길이는 $1.8 \mu\text{m}(\textcircled{a} + 2\textcircled{b} + 2\textcircled{c})$ 이고 액틴 필라멘트의 길이(㉡+㉢)는 $0.8 \mu\text{m}$ 이므로 ㉠의 길이(H대의 길이=㉢의 길이)는 $0.2 \mu\text{m}$, ㉠의 길이는 $0.1 \mu\text{m}$, ㉡의 길이는 $0.7 \mu\text{m}$ 이

다. ㉔의 길이는 ㉓의 길이보다 길므로 ㉓는 ㉔, ㉔는 ㉔이다.
 ㉔에서 ㉔로 변화면 X의 길이는 증가하며, X의 길이가 a만큼 증가하면, ㉔의 길이는 a만큼 증가, ㉔의 길이는 $\frac{a}{2}$ 만큼 감소, ㉓의 길이는 $\frac{a}{2}$ 만큼 증가한다. 따라서 ㉓+㉔(㉓의 길이+㉔의 길이)는 $\frac{3a}{2}$ 만큼 증가하고, 이를 표에 정리하면 다음과 같다.

X의 길이(μm)	㉓(㉓)+㉔(㉔)(μm)	㉓(㉓)+㉔(㉔)(μm)
㉔=1.8	0.3	0.8
㉔=? (2.2)	0.9	0.8
㉓=2l (2.4)	l (1.2)	? (0.8)

㉔에서 ㉔의 길이는 $0.6 \mu\text{m}$, ㉔의 길이는 $0.5 \mu\text{m}$, ㉓의 길이는 $0.3 \mu\text{m}$ 이다. ㉔에서 ㉔로 될 때 X의 길이는 증가하며, X의 길이가 $2b$ 만큼 증가하면, ㉔의 길이는 $(0.6 + 2b) \mu\text{m}$, ㉔의 길이는 $(0.5 - b) \mu\text{m}$, ㉓의 길이는 $(0.3 + b) \mu\text{m}$ 이다. ㉔에서 X의 길이가 $2l$, ㉓+㉔(㉓의 길이+㉔의 길이)가 l 이므로, ㉔+ $1.6=2$ ㉔+ 2 ㉓이다. 이를 정리하면 b 는 0.1 이고, ㉔의 길이는 $0.8 \mu\text{m}$, ㉔의 길이는 $0.4 \mu\text{m}$, ㉓의 길이는 $0.4 \mu\text{m}$ 이다.

㉔. 근육 원섬유 마디의 길이가 상대적으로 짧을 때는 수축 강도가 커지지만, 일정 길이 이상이 되면 오히려 수축 강도는 작아진다.

㉔. ㉔일 때 X의 길이는 $2.2 \mu\text{m}$ 이다.

㉔. X의 길이가 ㉔일 때 액틴 필라멘트의 길이는 $1.6 \mu\text{m}$ 이고 X의 길이는 $2.4 \mu\text{m}$ 이므로 H대의 길이는 $0.8 \mu\text{m}$ 이다.

05 신경계

수능 2점 테스트 본문 64~67쪽

01 ㉔ 02 ㉓ 03 ㉓ 04 ㉔ 05 ㉔ 06 ㉓ 07 ㉔
 08 ㉔ 09 ㉓ 10 ㉔ 11 ㉓ 12 ㉔ 13 ㉓ 14 ㉔
 15 ㉓ 16 ㉓

01 신경계의 구성

A는 중추 신경계, B는 척수, C는 원심성 신경(운동 신경)이다.

㉔. 중추 신경계(A)는 몸 밖과 안의 정보를 받아들여 통합하고 처리한다.

㉔. 척수(B)의 속질은 신경 세포체로 이루어진 회색질이다.

㉔. 원심성 신경(C)은 골격근에 명령을 전달하는 체성 신경과 심장근, 내장근, 분비샘 등에 명령을 전달하는 자율 신경으로 구분된다.

02 중추 신경계

특징
• 좌우 2개의 반구가 있다. → 대뇌, 소뇌
• 정신 활동의 중추이다. → 대뇌
• 연합 뉴런이 있다. → 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌
• 동공 반사의 중추이다. → 중간뇌

㉔. 4가지 특징 중 3개의 특징을 가지는 ㉔은 대뇌이고, 대뇌의 결질은 회색질이다.

㉔. 4가지 특징 중 소뇌와 중간뇌는 각각 2개의 특징을 가지므로 ㉓와 ㉔는 모두 2이고, ㉓+㉔=4이다.

㉔. 1개의 특징을 가지는 ㉓은 간뇌로 체온, 혈당량, 삼투압 조절 등 항상성 조절에 중요한 역할을 한다.

03 대뇌 결질 각 부분의 기능

㉔은 전두엽, ㉔은 두정엽, ㉔은 측두엽, ㉔은 후두엽이다.

㉔. ㉔은 전두엽이다.

㉔. 후두엽은 가장 뒷부분에 위치하며, 시각 정보를 처리하는 영역으로 글자를 볼 때는 후두엽(㉔)의 시각 영역이 활성화된다.

㉔. 말을 할 때와 말을 만들어 낼 때는 공통적으로 전두엽(㉔)의 일부가 활성화된다.

04 연수

연수는 대뇌와 연결되는 대부분의 신경이 교차되는 장소이다.

㉔. 뇌에서 대뇌, 소뇌, 간뇌를 제외한 중간뇌, 뇌교, 연수가 뇌줄

기를 구성한다.

✕. 연수는 호흡 운동, 소화 운동, 심장 박동 등을 조절하는 중추이다. 혈장 삼투압 조절은 간뇌의 역할이다.

㉠. 기침, 재채기, 하품과 같은 반응은 연수가 중추인 무조건 반사에 해당한다.

05 척수

A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 척수의 곁질, C는 원심성 뉴런(운동 뉴런)이다.

✕. A는 구심성 뉴런(감각 뉴런)이다.

㉠. B는 척수의 곁질로, 곁질은 주로 축삭 돌기로 이루어진 백색질이다.

✕. 구심성 뉴런(A) 다발은 후근을 구성하고, 원심성 뉴런(C) 다발은 전근을 구성한다.

06 흥분 전달 경로

A는 구심성 뉴런(감각 뉴런), B는 원심성 뉴런(운동 뉴런), C는 대뇌를 구성하는 연합 뉴런이다.

㉠. 손의 피부에 연결된 구심성 뉴런과 팔의 근육에 연결된 원심성 뉴런(운동 뉴런)은 모두 말초 신경계에 속한다.

㉡. C는 연합 뉴런이다.

✕. 압정에 손이 찰리면 무의식적으로 손을 급히 떼는 반사가 일어나는 동시에 손 피부의 구심성 뉴런(감각 뉴런)은 중추 신경계(대뇌)로도 흥분을 전달한다.

07 무릎 반사

무릎 반사가 일어날 때 ㉠은 수축하고, ㉡은 이완한다.

㉠. 무릎 반사가 일어날 때 A(구심성 뉴런)의 흥분은 ㉠으로 전달되어 ㉠이 수축한다.

✕. B(연합 뉴런)는 중추 신경계에 속하고, C(원심성 뉴런)는 말초 신경계에 속한다.

✕. 무릎 반사가 일어날 때 ㉡은 이완한다.

08 신경계

A는 뇌, B는 척수, C는 뇌 신경, D는 척수 신경이다.

✕. A는 뇌이다.

✕. C는 말초 신경계에 속하는 뇌 신경이므로 연합 뉴런으로 구성되지 않는다.

㉠. D(척수 신경)는 척수와 주변 기관 사이를 연결하고 있으며, 좌우 31쌍으로 구성된다.

09 체성 신경

A는 체성 신경을 구성하는 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로 주로 대

뇌의 지배를 받으며, 골격근에 아세틸콜린을 분비하여 명령을 전달한다.

㉠. 체성 신경은 원심성 신경(운동 신경)에 속한다.

㉡. ㉠은 아세틸콜린이다.

㉢. A는 말미집이 있으므로 흥분이 전도될 때 도약전도가 일어난다.

10 자율 신경

X에 흥채, 심장, 방광이 모두 자율 신경으로 연결되어 있으므로 X는 척수이고, ㉠~㉢은 모두 교감 신경의 일부이다.

✕. 척수에 연결된 교감 신경(㉠)은 척수 신경에 속한다.

㉡. B는 교감 신경의 신경절 이전 뉴런이므로 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비된다.

✕. C(척수에 연결된 교감 신경의 신경절 이전 뉴런)의 축삭 돌기 말단의 신경 전달 물질 분비가 촉진되면 방광은 확장한다.

11 교감 신경

위와 간에 연결된 자율 신경 A는 모두 척수와 연결되어 있으므로 A는 교감 신경이다.

㉠. 교감 신경(A)은 원심성 뉴런(운동 뉴런)으로 구성된다.

㉡. 교감 신경(A)의 작용으로 위와 같은 소화 기관에서는 소화관 운동 억제, 소화액 분비 억제가 일어난다.

㉢. 교감 신경(A)의 작용으로 간에서는 글리코젠 분해가 촉진된다. 에피네프린 또는 글루카곤은 간에 작용하여 글리코젠이 포도당으로 분해되는 과정을 촉진한다.

12 자율 신경

A는 부교감 신경, B는 교감 신경이다.

✕. A는 원심성 신경(운동 신경)으로 말초 신경계를 이룬다. 연합 뉴런은 중추 신경계를 이룬다.

㉠. B는 교감 신경으로 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수의 속질에 있으며, 척수의 속질은 회색질이다.

㉡. ㉠은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 물질로 노르에피네프린이다.

13 체성 신경과 자율 신경

A는 구심성 신경(감각 신경)에 속하는 압력 수용체 신경이고, B는 부교감 신경, C는 교감 신경이다.

㉠. A는 구심성 신경(감각 신경)에 속한다.

㉡. B는 심장에 연결된 부교감 신경으로 심장 박동 조절 중추인 연수에 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체가 있다.

✕. (나)에서 동맥 혈압이 감소하면 교감 신경(C)의 흥분 발생 빈도는 증가한다.

14 척수의 손상

척수의 왼쪽이 손상되면 몸에서 목 아래의 왼쪽 반응 기관에서 운동 기능이 정상적으로 일어나지 않는다.

✗. 동공 반사의 증추는 중간뇌로 이 환자는 정상적으로 동공 반사가 일어난다.

○. 척수의 왼쪽이 손상되면 대뇌의 운동 명령이 왼쪽 척수를 통해 왼쪽 근육에 전달되지 못하므로 왼손을 정상적으로 움직일 수 없다.

○. 오른쪽 다리를 만졌을 때 발생된 흥분은 오른쪽 척수를 통해 대뇌로 전달될 수 있으므로 감각을 느낄 수 있다.

15 흥분의 전달 경로

(가)의 흥분 전달 경로는 ㉠(발의 피부) → G → H → I → ㉡(다리의 골격근)이고, (나)의 흥분 전달 경로는 ㉢(눈) → A → B → E → F → ㉣(팔의 골격근)이다.

✗. B는 뇌에 있는 연합 뉴런이다.

○. (가)에서 흥분은 ㉠(발의 피부) → G → H → I → ㉡(다리의 골격근)으로 전달된다.

○. 팔을 휘두르는 운동을 하였으므로 (나)에서 반응 기관은 ㉣(팔의 골격근)이다.

16 파킨슨병

파킨슨병은 중추 신경계 이상으로 나타나는 질환 중 하나이다.

○. 파킨슨병은 중간뇌(㉠)에서 분비되는 신경 전달 물질 중 도파민의 분비 이상으로 나타나는 퇴행성 질환으로, 중간뇌는 뇌줄기에 속한다.

○. 정상인에서 도파민(㉡)은 도파민을 분비하는 뉴런의 축삭 돌기 말단에 존재하는 시냅스 소포에 있다.

○. 몸이 경직되는(㉢) 증상은 골격근을 조절하는 체성 신경이 파괴되어 나타나는 질환인 근위축성 측삭 경화증에서도 나타난다.

수능 3월 테스트

본문 68~71쪽

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

01 신경계의 구성

A는 척수, B는 원심성 신경(운동 신경), C는 자율 신경, D와 E는 각각 교감 신경과 부교감 신경 중 하나이다.

✗. A는 척수이고, 좌우 31쌍으로 구성되어 척수와 주변 기관 사이를 연결하고 있는 것은 말초 신경계에 속하는 척수 신경이다.

○. B는 원심성 신경(운동 신경)이다.

✗. 교감 신경(D 또는 E)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 노르에피네프린이, 부교감 신경(E 또는 D)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

02 중추 신경계의 구조와 기능

A는 대뇌, B는 간뇌, C는 소뇌, D는 중간뇌, E는 연수이다.

○. 대뇌(A)와 소뇌(C)는 모두 좌우 2개의 반구로 나누어진다.

✗. 빛의 세기에 따른 동공 크기의 변화에 관여하는 증추는 중간뇌(D)이다.

○. 중간뇌(D)와 연수(E)는 모두 뇌줄기에 속한다.

03 대뇌의 좌반구와 우반구

뇌량을 절제하면 대뇌의 좌반구와 우반구에서 처리되는 각각의 정보를 공유할 수 없게 되므로 왼쪽 시야의 사물을 보고 사물이 무엇인지 말할 수 없게 된다.

○. 대뇌 겉질은 기능에 따라 감각령, 연합령, 운동령으로 나뉘고, 감각령은 감각 기관으로부터 정보를 받아 처리한다.

✗. 시각 정보는 시야에 따라 어느 한쪽 뇌반구에서만 처리된다고 하였고, (나)에서 P가 컵을 보았다고 답했으므로 컵에 대한 시각 정보는 좌반구에서 처리된 후 좌반구에 있는 언어 증추로 전달되었다.

○. (가)에서 P는 본 것이 없다고 답했으므로 사과에 대한 시각 정보가 우반구에서 처리된 후 좌반구에 있는 언어 증추로 전달되지 않았음을 알 수 있다.

04 중추 신경계와 말초 신경계

동공 축소에 관여하는 증추는 중간뇌이므로 (가)는 중간뇌이고, 방광의 확장에 관여하는 증추는 척수이므로 (다)는 척수이다. 따라서 (나)는 연수이다.

○. (가)는 중간뇌이다.

○. (나)는 연수이고, 뇌줄기에 속한다.

✗. 교감 신경은 방광을 확장시키고, 부교감 신경은 동공을 축소

시킨다. 연수(나)와 심장을 연결하는 자율 신경은 부교감 신경이므로, ㉓는 억제이다. I에 교감 신경과 부교감 신경이 각각 2개 있으므로 중추 신경계와 위를 연결하는 자율 신경은 교감 신경이다.

05 중추 신경계와 말초 신경계

A는 구심성 신경(감각 신경)을 구성하는 뉴런, B와 C는 원심성 신경(운동 신경)을 구성하는 뉴런이다.

㉑. 구심성 신경(감각 신경)과 원심성 신경(운동 신경)은 모두 말초 신경계에 속한다.

㉒. 깨진 접시 조각에 발이 찢리는 자극에 따라 위험을 피하려고 다리를 즉시 들어올리는 반응(㉑)은 회피 반사에 해당하며, 회피 반사의 중추는 척수이다.

㉓. 소뇌는 몸의 평형을 유지하는 중추로 한 발로 바닥을 지탱해 균형을 잡는 반응(㉑)에 관여한다.

06 자극에 대한 반응

(가)는 침 분비 반사를, (나)는 배뇨 반사를 설명한 것이다.

㉑. 침 분비 반사의 중추는 연수이다.

㉒. 척수에 연결된 구심성 신경(감각 신경)은 척수의 후근을 이룬다.

㉓. 부교감 신경은 방광을 수축시키므로 ㉓는 부교감 신경이다.

07 말초 신경계

(가)는 소장(나)는 심장에 연결된 교감 신경, (나)는 심장에 연결된 부교감 신경, (다)는 골격근에 연결된 체성 신경이다.

㉑. ㉑과 ㉒에서는 각각 교감 신경과 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런에서 분비된 신경 전달 물질인 아세틸콜린이 작용하므로 종류가 같다.

㉓. 교감 신경(가)의 축삭 돌기 말단과 소장 사이에 X를 투여했을 때 X를 투여하지 않았을 때보다 소장에서의 소화액 분비가 촉진되므로 X는 노르에피네프린의 작용을 저해하는 물질이다. 체성 신경(다)의 축삭 돌기 말단과 골격근 사이에 Z를 투여했을 때 Z를 투여하지 않았을 때보다 골격근의 수축이 더욱 강하게 일어나므로 Z는 아세틸콜린 분해 효소를 저해하는 물질이다. 따라서 Y는 아세틸콜린의 작용을 저해하는 물질이고, 부교감 신경(나)의 축삭 돌기 말단과 심장 사이에 Y를 투여하면 심장 박동의 억제가 저해되므로 투여하지 않았을 때보다 심장 박동이 촉진된다.

㉔. Z는 아세틸콜린 분해 효소를 저해하는 물질이다.

08 신경계의 이상과 질환

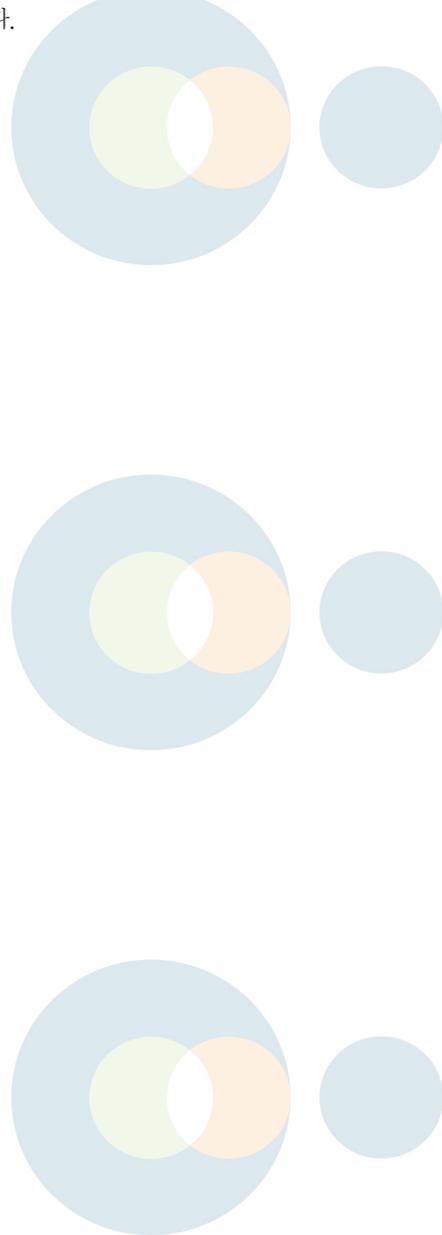
중간뇌에서 도파민 분비 부족으로 손발 떨림과 자세 불안정을 나타내는 질환은 파킨슨병(B)이다. 알츠하이머병(C)은 대뇌 기능 저하로 기억력이 약화되는 질환이고, 근위축성 측삭 경화증(A)은

골격근을 조절하는 체성 신경이 파괴되어 근육이 경직되고 경련을 일으키는 질환이다.

㉒. 대뇌의 신경 세포는 중추 신경계(㉑)에 속하고, 말초 신경계(㉒)에 속하는 체성 신경이 ㉑에 해당한다.

㉓. B는 파킨슨병이다.

㉔. 근위축성 측삭 경화증의 주요 증상으로는 근육 경직과 경련이 있다.



06 항상성

수능 2점 테스트

본문 79~83쪽

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

01 호르몬의 특성

호르몬은 내분비샘에서 생성되어 혈액이나 조직액으로 분비되고, 혈액을 따라 이동하다가 특정 호르몬 수용체를 가진 표적 세포(기관)에 작용한다. 또한 미량으로 생리 작용을 조절하며 부족하면 결핍증이, 많으면 과다증이 나타난다.

- ㉠ 호르몬은 미량으로 생리 작용을 조절한다.
- ㉡ 호르몬의 분비량이 부족하면 결핍증이 나타난다.
- ㉢ 호르몬은 혈액을 따라 이동하며 표적 세포에 작용한다.

02 호르몬과 신경의 작용 비교

(가)는 호르몬에 의한 신호 전달로 내분비 세포에서 혈액으로 분비되는 물질 A는 호르몬이다. (나)는 신경에 의한 신호 전달로 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 물질 B는 신경 전달 물질이다.

- ㉠ 뉴런 말단에 인접한 세포 ㉡에는 B에 대한 수용체가 있어 신경에 의해 전달되는 신호를 수용할 수 있다.
- ㉢ 신호 전달은 (나)(신경에 의한 신호 전달)에서가 (가)(호르몬에 의한 신호 전달)에서보다 빠르다.
- ㉣ 혈당량은 신경계와 내분비계에 의해 모두 조절되므로 혈당량 조절에는 (가)와 (나)가 모두 관여한다.

03 사람의 내분비샘과 호르몬

표적 기관이 콩팥인 호르몬은 뇌하수체 후엽에서 분비되고, 표적 기관이 갑상샘인 호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비된다.

- ㉠ A는 뇌하수체 후엽, B는 뇌하수체 전엽이다.
- ㉢ 항이뇨 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비되고 표적 기관은 콩팥이므로 ㉠에 해당한다.
- ㉣ 분비되는 호르몬의 가짓수는 뇌하수체 전엽(B)에서가 뇌하수체 후엽(A)에서보다 많다.

04 사람의 내분비샘과 호르몬

(가)는 갑상샘, (나)는 부신, (다)는 이자이다.

- ㉠ (가)(갑상샘)에서 티록신이 분비되고, 티록신은 물질대사를 촉진한다.

㉢ (나)는 부신이다.

㉣ (나)(부신)에서 분비되는 당질 코르티코이드와 에피네프린, (다)(이자)에서 분비되는 인슐린과 글루카곤은 모두 혈당량 조절에 관여하는 호르몬이다.

05 호르몬의 특징

‘콩팥에서 물의 재흡수를 촉진한다.’가 B와 C 모두에서 ㉠이므로, ㉠은 ‘없음’, ㉡는 ‘있음’이다. A는 항이뇨 호르몬(ADH), B는 글루카곤, C는 인슐린이다.

㉢ ㉡는 ‘없음’이다.

㉣ 글루카곤(B)은 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진한다.

㉤ (가)는 글루카곤(B)과 인슐린(C)에 모두 있는 특징이므로 ‘이자에서 분비된다.’는 (가)에 해당한다.

06 내분비샘과 호르몬의 특징

㉠ ㉠과 ㉡은 모두 호르몬을 분비하므로 내분비 세포이다.

㉢ B는 ㉡에 작용하고, A는 ㉡에 작용하므로 ㉡은 B의 표적 세포이고, ㉠은 A의 표적 세포이다.

㉣ A와 B는 모두 혈액을 통해 표적 세포로 이동한다.

07 내분비샘과 외분비샘의 특징

내분비샘은 분비관 없이 분비물을 혈액이나 조직액으로 내보내고, 외분비샘은 분비관을 통해 분비물을 체외로 내보내므로 ㉠은 내분비 세포, ㉡은 외분비 세포이다.

㉢ ㉠은 내분비 세포이다.

㉣ 땀은 외분비 세포에서 분비되므로 B가 분비되는 과정과 같은 방식으로 분비된다.

㉤ 인슐린은 내분비 세포에서 분비되므로 A가 분비되는 과정과 같은 방식으로 분비된다.

08 호르몬과 내분비샘

A는 뇌하수체 전엽에서 분비되므로 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이고, B는 갑상샘에서 분비되므로 티록신이다.

㉠ A는 TSH이다.

㉢ 정상인에서 혈중 티록신(B)의 농도가 증가하면 음성 피드백에 의해 뇌하수체 전엽에서 TSH(A)의 분비가 억제된다.

㉣ 에피네프린은 부신 속질에서 분비되므로 부신 속질은 ㉠에 해당한다.

09 티록신의 분비 조절

정상인의 경우 혈중 티록신의 농도가 높을 때 티록신에 의해 시상하부의 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH) 분비와 뇌하수체 전엽의 갑상샘 자극 호르몬(TSH) 분비가 억제되어 티록신의 농도는 감소한다. A~C에서 모두 혈중 호르몬 농도가 정상보다 높은 호르몬이 티록신이다. A의 경우 ㉠이, C의 경우 ㉡이 정상보다 낮은 농도이므로 ㉠과 ㉡은 티록신이 아니다. 따라서 ㉢은 티록신이고, B에서 혈중 ㉢의 농도는 '+'이다.

✗. A의 혈중 ㉢의 농도는 정상보다 높고, ㉡은 정상보다 낮으므로 ㉡은 TSH, ㉢은 TRH이다.

○. B의 혈중 티록신, TRH, TSH의 농도가 모두 정상보다 높으므로 B는 시상하부에 이상이 있는 사람이고, A의 혈중 티록신, TSH의 농도가 모두 정상보다 높고, TRH의 농도는 정상보다 낮으므로 A는 뇌하수체 전엽에 이상이 있는 사람이고, C는 갑상샘에 이상이 있는 사람이다.

✗. A~C에게서 모두 혈중 티록신 농도가 정상보다 높으므로 갑상샘 기능 항진증이 나타난다.

10 혈당량 조절

인슐린은 혈액에서 조직 세포로의 포도당 흡수를 촉진한다.

○. 인슐린을 주사한 후 ㉠은 증가하고, ㉡은 감소하므로 ㉠은 혈중 글루카곤 농도이고 ㉡은 혈중 포도당 농도이다.

○. 글루카곤은 간에서 글리코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진해서 혈당량을 증가시킨다.

✗. 혈중 글루카곤의 농도(㉠)는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 낮으므로 간에서 단위 시간당 생성되는 포도당의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 적다.

11 혈당량 조절

✗. 이자의 α 세포에서 글루카곤을 분비하고, 이자의 β 세포에서 인슐린을 분비하므로 ㉠은 글루카곤, ㉡은 인슐린이다.

○. 인슐린(㉡)은 혈액에서 세포로의 포도당 흡수를 촉진한다.

○. 두 가지 요인이 같은 생리 작용에 대해 서로 반대로 작용하여 서로의 효과를 줄이는 것을 길항 작용이라고 한다. 글루카곤(㉠)에 의해 혈당량이 증가하고, 인슐린(㉡)에 의해 혈당량이 감소하므로 글루카곤(㉠)과 인슐린(㉡)은 혈당량 조절에 길항적으로 작용한다.

12 혈당량 조절

○의 농도는 혈당량이 낮은 상태에서가 혈당량이 높은 상태에서보다 높다. 따라서 ㉠은 글루카곤이다.

✗. 글루카곤(㉠)은 이자의 α 세포에서 분비된다.

○. 이자에 연결된 교감 신경에서 흥분 발생 빈도가 증가하면 이자의 α 세포에서 글루카곤(㉠)의 분비가 촉진된다.

✗. 글루카곤은 간에서 글리코젠 분해를 촉진한다. 혈당량이 낮은 상태에서 글루카곤의 농도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 낮으므로 혈당량이 낮은 상태에서 간에서의 단위 시간당 글리코젠 분해량은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 적다.

13 혈당량 조절

부신 속질과 연결된 교감 신경은 에피네프린의 분비를 촉진하고, 이자에 연결된 부교감 신경은 인슐린의 분비를 촉진한다. 따라서 A는 부교감 신경, B는 교감 신경이고, ㉠은 인슐린, ㉡은 에피네프린이다.

○. B는 교감 신경이다.

○. 혈중 포도당 농도가 높을 때 인슐린(㉠)은 혈중 포도당 농도를 낮추고, 정상 범위까지 낮아지면 음성 피드백에 의해 인슐린(㉠) 분비량이 감소한다.

✗. 인슐린(㉠)은 혈당량을 감소시키고, 에피네프린(㉡)은 혈당량을 증가시킨다.

14 체온 조절

체온 조절의 중추는 간뇌의 시상하부이며, 시상하부가 저온 자극을 감지하면 교감 신경의 작용 강화에 의해 피부 근처 혈관이 수축한다.

○. ㉠은 시상하부이다.

✗. A는 교감 신경이고, 교감 신경(A)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 노르에피네프린이다.

✗. 피부 근처 혈관의 수축으로 피부 근처 혈관에서의 혈류량이 감소하여 열 발산량이 감소한다.

15 체온 조절

○. 저온 자극이 주어졌을 때 피부 근처 혈관이 수축하고, 고온 자극이 주어졌을 때 피부 근처 혈관이 확장하므로 A는 온도 자극 20°C 이고, B는 온도 자극 40°C 이다.

○. 골격근의 떨림에 의해 열 발생량이 증가하므로 온도 자극 20°C (A)를 주었을 때 골격근의 떨림이 일어났다.

○. 열 발생량은 온도 자극 20°C (A)를 주었을 때가 온도 자극 40°C (B)를 주었을 때보다 많고, 열 발산량은 온도 자극 20°C (A)를 주었을 때가 온도 자극 40°C (B)를 주었을 때보다 적다.

따라서 열 발생량 / 열 발산량은 온도 자극 20°C (A)를 주었을 때가 온도 자극 40°C (B)를 주었을 때보다 크다.

16 체온 조절

○. 고온 자극을 주었을 때 땀 분비량이 증가하고, 저온 자극을 주었을 때 땀 분비량이 감소하므로 ㉠은 고온 자극, ㉡은 저온 자극이다.

- ㉠. 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 고온 자극을 받고 있는 t_1 일 때가 저온 자극을 받고 있는 t_2 일 때보다 많다.
 ✕. 시상 하부가 정상 체온보다 높은 온도를 감지하면 열 발생량은 감소한다.

17 삼투압 조절

- 간뇌의 시상 하부는 삼투압 조절 중추로 정상보다 높은 혈장 삼투압을 감지하여 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비를 촉진해 혈장 삼투압을 감소시킨다.
 ✕. ㉠은 뇌하수체 후엽이다.
 ✕. 체내 삼투압의 조절 중추는 시상 하부이다.
 ㉡. 혈중 ADH의 농도가 감소하면 콩팥에서 물의 재흡수량이 감소하므로 혈장 삼투압이 증가한다.

18 삼투압 조절

- 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하여 혈액량을 증가시킨다.
 ㉠. 콩팥은 ADH의 표적 기관이다.
 ㉡. 혈장 삼투압이 p_1 보다 높을 때 ㉠은 정상 상태일 때보다 혈중 ADH 농도가 높으므로 ㉠은 혈액량이 정상보다 감소한 상태이다.
 ㉢. 정상 상태일 때 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도는 p_1 일 때가 p_2 일 때보다 낮으므로 단위 시간당 오줌 생성량은 p_1 일 때가 p_2 일 때보다 많다.

19 삼투압 조절

- A의 오줌 생성량은 평상시와 ADH 투여 시 변화가 없으므로 A는 콩팥의 세포가 ADH에 반응하지 않는 환자이고, B의 평상시 오줌 생성량은 ADH 투여 시 오줌 생성량보다 많으므로 B는 ADH가 정상보다 적게 분비되는 환자이다.
 ✕. 정상인에게 ADH를 투여하면 평상시보다 오줌 생성량이 감소하므로 ㉠은 1.5보다 작다.
 ✕. A는 콩팥의 세포가 ADH에 반응하지 않는 환자이다.
 ㉡. B는 ADH 투여 시 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가하여 오줌 생성량이 감소하므로, 혈장 삼투압도 감소한다. 따라서 B에서 혈장 삼투압은 평상시가 ADH 투여 시보다 높다.

20 삼투압 조절

- ㉠. X를 섭취한 후 오줌과 혈장의 삼투압이 모두 감소하므로 X는 물이다.
 ✕. 물을 섭취하면 ADH의 분비량이 감소하여 콩팥에서 물의 재흡수량이 감소하므로 단위 시간당 오줌 생성량이 증가한다. 따라서 단위 시간당 오줌 생성량은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 적다.
 ㉢. ADH의 분비 조절 중추는 시상 하부이다.

수능 3점 테스트

본문 84~89쪽

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

01 호르몬의 특징

- 갑상샘 자극 호르몬(TSH)과 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)은 모두 뇌하수체 전엽에서 분비되고, TSH는 티록신 분비를 촉진하므로 A는 ACTH, B는 항이뇨 호르몬(ADH), C는 TSH이다.
 ㉠. C는 TSH이므로 특징 ㉠과 ㉡을 모두 가지고 있다. 따라서 ㉠은 'O'이다.
 ㉡. ADH(B)는 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진한다.
 ㉢. ㉠은 C만 있는 특징이고, ㉡은 A와 C가 모두 있는 특징이므로 ㉠은 '티록신 분비를 촉진한다.'이고, ㉡은 '뇌하수체 전엽에서 분비된다.'이다.

02 혈당량 조절

- I에서는 인슐린이 분비되고, II에서는 글루카곤이 분비되므로 I은 β 세포, II는 α 세포이다.
 ✕. I은 β 세포이다.
 ㉡. ㉠은 혈액에서 세포로의 포도당 유입량을 증가시키므로 ㉠은 인슐린이다. 이 환자의 인슐린(㉠) 농도가 높아지면 정상인과 같은 포도당 유입량을 보이므로 이 환자에게 ㉠을 투여하여 혈중 ㉠ 농도가 C₃보다 높아지면 혈당량이 감소될 수 있다.
 ✕. 인슐린이 간에 작용하면 포도당이 글리코젠으로 합성되는 과정이 촉진된다. 혈중 인슐린(㉠) 농도는 C₁일 때가 C₂일 때보다 낮으므로 정상인의 간에서 단위 시간당 글리코젠 합성량은 C₁일 때가 C₂일 때보다 적다.

03 삼투압 조절

- 혈장 삼투압 변화에 따라 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬 X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.
 ㉠. 콩팥은 ADH(X)의 표적 기관이다.
 ㉡. X의 분비를 촉진하는 자극의 전과 후를 비교하면 ㉠에서의 변화보다 ㉡에서의 변화가 크다. 이를 통해 ADH(X)의 분비를 촉진하는 자극에 의해 ㉠은 ADH의 분비가 촉진되지 않았고, ㉡은 ADH의 분비가 촉진되었음을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 뇌하수체 후엽이 제거된 개체이고, ㉡은 정상 개체이다.
 ✕. ADH의 분비 증가는 오줌 삼투압을 증가시키므로 정상 개체(㉡)에서 생성되는 오줌 삼투압은 구간 I에서가 II에서보다 낮다.

04 혈당량 조절

탄수화물을 섭취한 후 혈중 ㉠의 농도는 증가하고, 혈중 ㉡의 농도는 감소하므로 ㉠은 인슐린, ㉡은 글루카곤이다.

㉠ 인슐린(㉠)은 간에서 포도당을 글리코젠으로 전환하는 과정(I)을 촉진한다.

✗. 글루카곤(㉡)은 이자의 α 세포에서 분비된다.

㉢ 혈중 포도당 농도가 높을 때 인슐린의 농도도 높아지므로, 혈중 포도당 농도는 인슐린(㉠)의 농도가 높은 t_1 일 때가 인슐린(㉠)의 농도가 낮은 t_2 일 때보다 높다.

05 체온 조절

시상 하부는 설정 온도를 기준으로 열 발생량과 열 발산량을 조절하는 체온 조절의 중추이다.

✗. 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 낮을 때 피부 근처 혈관은 확장된다. X에 의한 피부 근처 혈관 수축은 II에서 일어났다.

㉣. 시상 하부에 설정된 온도가 체온보다 높으면(II) 땀 분비가 감소하고, 낮으면(III) 땀 분비가 증가한다. 땀 분비량은 II에서가 III에서보다 적다.

㉤. 열 발생량은 II에서가 I에서보다 많고, 열 발산량은 II에서가 I에서보다 적으므로 $\frac{\text{열 발생량}}{\text{열 발산량}}$ 은 I에서가 II에서보다 작다.

06 체온 조절

✗. 고온 자극을 주었을 때 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 증가하고, 저온 자극을 주었을 때 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 감소한다. 따라서 ㉠은 체온보다 낮은 온도의 물에 들어가는 자극이고, ㉡는 체온보다 높은 온도의 물에 들어가는 자극이다.

㉢. 체온보다 낮은 온도의 물에 들어갔을 때 시상 하부에서 신경에 의한 신호 전달(I)로 부신에서 에피네프린의 분비를 촉진하고, 시상 하부에서 호르몬에 의한 신호 전달(II)로 뇌하수체 전엽에서 TSH를 분비하면 갑상샘에서 티록신의 분비가 촉진된다. 신경에 의한 신호 전달(I)은 호르몬에 의한 신호 전달(II)보다 빠르다.

㉤. (나)는 체온이 정상 범위보다 낮을 때 활발하게 일어나므로 (나)는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 활발하게 일어난다.

07 호르몬 분비 조절

시상 하부에서 호르몬 분비량이 감소하는 이상을 가진 환자는 ㉠~㉣이 모두 '정상인보다 낮음'이다. I과 II에는 ㉠와 ㉡가 모두 있으므로 III은 시상 하부에 이상이 있는 환자이고, ㉠는 '정상인보다 낮음', ㉡는 '정상인보다 높음'이다. 뇌하수체 전엽에 이상이 있는 환자는 TSH와 티록신의 혈중 농도가 모두 정상인보다 낮고, 음성 피드백에 의해 TRH의 혈중 농도는 정상인보다 높다.

갑상샘에 이상이 있는 환자는 티록신의 혈중 농도가 정상인보다 낮고, 음성 피드백에 의해 TRH와 TSH의 혈중 농도는 정상인보다 높다. ㉠은 TSH, ㉡은 티록신, ㉢은 TRH이고, I은 뇌하수체 전엽에 이상이 있는 환자, II는 갑상샘에 이상이 있는 환자이다. 이를 토대로 표를 완성하면 아래와 같다.

호르몬 \ 환자	I (뇌하수체 전엽 이상)	II (갑상샘 이상)	III (시상 하부 이상)
㉠(TSH)	-	+	-
㉡(티록신)	-	-	-
㉢(TRH)	+	+	-

(+ : 정상인보다 높음, - : 정상인보다 낮음)

㉠. ㉠는 '정상인보다 낮음'이다.

✗. ㉠의 표적 기관은 갑상샘이다.

✗. I은 뇌하수체 전엽에 이상이 있는 환자이다.

08 호르몬의 특징

'이자에서 분비된다.'는 인슐린과 글루카곤이 모두 갖는 특징이고, '혈당량 조절에 관여한다.'는 인슐린, 글루카곤, 에피네프린이 모두 갖는 특징이며, '간에서 글리코젠 합성을 촉진한다.'는 인슐린이 갖는 특징이므로 A는 에피네프린, B는 인슐린, C는 글루카곤이다.

㉠. 에피네프린(A)은 부신 속질에서 분비된다.

㉢. 에피네프린(A)과 글루카곤(C)은 모두 혈당량을 증가시키는 호르몬이다.

✗. 인슐린(B)은 부교감 신경에 의해 분비가 촉진되고, 글루카곤(C)은 교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.

09 삼투압 조절

ADH는 콩팥에 작용하여 물의 재흡수량을 증가시키므로 혈중 ADH의 농도가 높아지면 오줌 삼투압은 증가하고, 단위 시간당 오줌 생성량은 감소한다. 따라서 ㉠은 오줌 삼투압, ㉡은 단위 시간당 오줌 생성량이다.

㉠. ㉠은 오줌 삼투압이다.

㉢. 혈장 삼투압이 낮을 때 ADH의 분비는 감소하므로 혈중 ADH의 농도는 물 섭취 이전인 t_1 일 때가 물 섭취 이후인 t_2 일 때보다 높다.

✗. 1 L의 물을 섭취하면 혈장 삼투압이 감소하므로 혈장 삼투압은 t_2 일 때가 t_3 일 때보다 낮다.

10 삼투압 조절

✗. ㉠이 증가하면 혈중 ADH 농도가 감소하므로 ㉠은 전체 혈액량이고, ㉡이 증가하면 갈증 정도가 증가하므로 ㉡은 혈장 삼투압이다.

㉠. 혈중 ADH 농도가 높으면 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 증가하고, 혈중 ADH 농도가 낮으면 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 감소한다. ADH의 농도는 V_1 일 때가 V_2 일 때보다 높다. 따라서 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 V_1 일 때가 V_2 일 때보다 많다.

㉡. 혈장 삼투압(㉠)이 증가하면 ADH의 분비량이 증가하여 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하므로 단위 시간당 오줌 생성량은 p_1 일 때가 p_2 일 때보다 많다.

11 체온 조절과 혈당량 조절

㉠. 내분비샘 A에서 호르몬 ㉠의 분비를 촉진하고, 내분비샘 B에서 호르몬 ㉡의 분비를 촉진하며, 호르몬 ㉢는 물질대사를 촉진하므로 A는 뇌하수체 전엽, B는 갑상샘이고, ㉠은 TSH, ㉡는 티록신이다.

✕. 시상 하부가 체온보다 낮은 온도를 감지하면 교감 신경의 작용으로 털을 세우는 털세움근이 수축한다.

✕. ㉠은 교감 신경에 의한 자극 전달 경로이다. 내분비샘 C는 이자, 호르몬 ㉢는 인슐린이므로 ㉠은 부교감 신경에 의한 자극 전달 경로이다.

12 삼투압 조절

혈중 ADH 농도가 증가할 때 ㉠은 감소하므로 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량이다. X를 섭취한 후 단위 시간당 오줌 생성량이 급격히 감소하므로 X는 소금물이다.

㉠. X는 소금물이다.

✕. ADH는 오줌 삼투압을 증가시키므로 생성되는 오줌 삼투압은 C_1 일 때가 C_2 일 때보다 작다.

✕. 혈장 삼투압이 높으면 ADH 분비량이 증가하여 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하고, 혈장 삼투압이 낮으면 ADH 분비량이 감소하여 단위 시간당 오줌 생성량이 증가한다. 구간 I에서가 구간 II에서보다 단위 시간당 오줌 생성량이 많으므로 혈장 삼투압은 구간 I에서가 구간 II에서보다 낮다.

07 방어 작용

수능 2점 테스트

본문 97~101쪽

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

01 질병의 구분

비정상적인 헤모글로빈이 생성되는 질병은 낫 모양 적혈구 빈혈증(A)이다. 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체는 바이러스로 핵을 가지지 않고, 수면병의 병원체는 원생생물로 핵을 가지므로 B는 후천성 면역 결핍증(AIDS), C는 수면병이다.

㉠. A는 낫 모양 적혈구 빈혈증이다.

㉡. 바이러스에는 단백질이 있으므로, '병원체는 단백질을 가진다.'는 (가)에 해당한다.

✕. 수면병(C)의 병원체는 세포로 이루어져 있지만, 후천성 면역 결핍증(B)의 병원체는 세포로 이루어져 있지 않다.

02 병원체의 특징

바이러스는 세포로 이루어져 있지 않으므로 ㉠은 바이러스이고, ㉡은 세균이다.

㉢. 소아마비의 병원체는 바이러스(㉢)이다.

㉣. 항생제는 세균을 죽이거나 증식을 억제하는 물질이므로 세균(㉣)에 의한 질병을 치료할 때 항생제가 사용된다.

㉤. 세균(㉣)은 단세포 원핵생물이므로 스스로 물질대사를 할 수 있다. 따라서 '스스로 물질대사를 할 수 있다.'는 (가)에 해당한다.

03 염증 반응

손상된 피부를 통해 병원체가 침입하였을 때 염증 반응이 일어난다.

㉠. ㉠에서 히스타민이 분비되고, ㉡은 보조 T 림프구에게 항원을 제시하므로 ㉠은 비만세포, ㉡은 대식세포이다.

㉢. 대식세포(㉢)에 의해 식세포 작용(식균 작용)이 일어난다.

㉣. 히스타민은 모세 혈관을 확장시켜 백혈구가 상처 부위로 이동하는 것을 촉진한다.

04 질병의 종류

무좀, 홍역, 당뇨병 중 전염되지 않는 비감염성 질병은 당뇨병이고, 병원체가 곰팡이이면서 세포 분열을 하는 질병은 무좀이다.

㉠. 홍역은 특징 ㉠~㉣이 모두 없으므로 B는 홍역이고, ㉡는 '✕'이다.

✗. 특징 ㉠과 ㉡이 모두 있는 C는 무좀이고, 특징 ㉢만 있는 A는 당뇨병이다. 특징 ㉠과 ㉡은 각각 '병원체가 곰팡이이다.'와 '병원체가 세포 분열을 한다.' 중 하나이고, 특징 ㉢은 '비감염성 질병이다.'이다.

㉣. 홍역(B)의 병원체는 바이러스이고, 무좀(C)의 병원체는 곰팡이이다. 바이러스와 곰팡이는 모두 핵산을 가진다.

05 우리 몸의 방어 작용

항체가 병원체를 무력화시키는 것은 특정 항원을 인식하여 제거하는 방어 작용으로 특이적 방어 작용에 해당한다.

㉠. 항체는 Y자 모양의 면역 단백질이다.

㉡. 타액에서 분비된 점액에는 라이소자임이 있고, 라이소자임은 세균의 세포벽을 분해하여 세균의 침입을 막으므로 라이소자임은 ㉢에 해당한다.

㉣. 비특이적 방어 작용은 병원체의 종류나 감염 경로의 유무와 관계없이 일어나므로, (나)와 (다)는 모두 비특이적 방어 작용에 해당한다.

06 질병의 구분

독감의 병원체는 바이러스, 말라리아의 병원체는 원생생물, 세균성 식중독의 병원체는 세균이다.

㉠. ㉠의 병원체는 세균이므로 ㉠은 세균성 식중독이고, ㉡의 침입 경로는 매개 곤충이므로 ㉡은 말라리아이다. 따라서 ㉢은 독감이다.

✗. ㉢은 매개 곤충을 통해 감염되므로 ㉢은 말라리아이다. 말라리아의 병원체는 원생생물이므로 ㉢은 원생생물이다.

㉣. ㉠의 병원체는 세균이므로 ㉠은 세균성 식중독이다. '음식 익혀 먹기'는 세균성 식중독을 예방하는 방법 중 하나이다.

07 특이적 방어 작용

(가)와 (나)는 모두 특이적 방어 작용으로, (가)는 세포성 면역 반응, (나)는 체액성 면역 반응에 해당한다. ㉠은 X에 감염된 세포를 직접 파괴하는 세포독성 T림프구이고, X에 2차 감염되었을 때 ㉡이 ㉢으로 분화하므로 ㉠은 기억 세포, ㉢은 형질 세포이다.

✗. ㉢은 기억 세포이다.

✗. (가)는 세포성 면역 반응에 해당한다. 체액성 면역 반응에서는 (가)가 일어나지 않는다.

㉣. (가)와 (나)는 모두 특이적 방어 작용에 해당한다.

08 항체의 구조

㉠. 항체는 Y자 모양의 구조로, Y자 모양의 위쪽 끝부분이 항원과 결합하는 곳이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 X와 결합하는 부위이다.

㉢. 항체는 면역 단백질이므로 (가)와 (나)는 모두 단백질로 이루어져 있다.

✗. X에 대한 항원 항체 반응에 의한 면역는 체액성 면역에 해당한다.

09 림프구의 분화

골수에 있는 조혈 모세포로부터 미성숙 림프구가 만들어진다. 이 중 일부는 골수에서 B 림프구로 성숙하고, 다른 일부는 가슴샘으로 이동하여 T 림프구로 성숙한다. 따라서 ㉠은 B 림프구, ㉡은 보조 T 림프구이다.

㉠. 미성숙 림프구는 골수에서 생성된다.

㉡. ㉠은 B 림프구이다.

㉢. 보조 T 림프구(㉡)는 B 림프구(㉠)가 형질 세포와 기억 세포로 분화하는 것을 촉진한다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 체액성 면역 반응에 관여한다.

10 특이적 방어 작용

병원체가 침입했을 때 병원체에 있는 항원(항체와 결합하는 부위)과 결합하는 항체가 각각 생성된다.

㉠. X₁과 X₂에 의해 항체가 생성되었으므로 X₁과 X₂는 모두 체내에서 면역 반응을 일으키는 원인이다.

✗. ㉢은 등근 형태의 항원과 결합하므로 ㉢은 X₁에만 결합한다.

㉣. X₂에는 네모난 형태와 세모난 형태의 항원이 모두 있으므로 X₂에 의해 ㉠과 ㉡이 모두 생성된다.

11 특이적 방어 작용

2차 면역 반응에서 기억 세포는 형질 세포로 분화하고, 형질 세포에서 항체를 분비하므로 ㉠은 기억 세포, ㉢은 형질 세포이다. 활성화된 세포독성 T림프구는 병원체에 감염된 세포를 파괴하므로 ㉡은 세포독성 T림프구이다.

㉠. 체액성 면역는 항체에 의해 항원을 제거하는 면역 반응이므로 (가)는 체액성 면역이다.

㉡. 대식세포가 항원을 제시하면 이를 보조 T 림프구가 인식하고 보조 T 림프구는 세포독성 T림프구를 활성화시킨다.

✗. 2차 면역 반응에서는 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 항체를 생성한다. 형질 세포(㉢)는 기억 세포로 분화하지 않는다.

12 혈액의 응집 반응

항 A 혈청에는 응집소 α 가 있고, ㉠에 의해 응집 반응이 일어나므로 ㉠은 응집소 α 이다.

㉠. ㉢은 응집소 β 이다.

㉣. 이 사람의 혈액은 항 A 혈청에 의해 응집 반응이 일어났으므로 응집원 A를 가지고, 응집소 β 를 가지므로 A형이다.

㉠ ABO식 혈액형이 O형인 사람의 혈액에 응집소 α (㉠)와 응집소 β (㉡)가 모두 있다.

13 면역 관련 질환

자가 면역 질환과 알레르기는 모두 비감염성 질병이다. 자가 면역 질환은 면역계가 자기 조직 성분을 항원으로 인식하여 세포나 조직을 공격하여 생기는 질환이며, 알레르기는 특정 항원에 대해 면역 반응이 과민하게 나타나는 현상이다. 자가 면역 질환과 알레르기 중 '비감염성 질병이다.'가 있는 것은 둘 다이므로 ㉠이 '비감염성 질병이다.', ㉡이 '면역계가 자신의 세포를 공격하여 나타난다.'이다. A는 ㉠과 ㉡이 모두 있고, B는 ㉠만 있으므로 A는 자가 면역 질환, B는 알레르기이다.

㉠. ㉡는 '○'이다.

✕. A는 자가 면역 질환이다.

✕. 자가 면역 질환(A)과 알레르기(B)는 감염성 질병이 아니므로 백신을 이용하여 예방할 수 없다.

14 ABO식 혈액형

아버지와 자녀 1의 혈액을 각각 항 B 혈청과 섞으면 모두 응집 반응이 일어나므로 아버지와 자녀 1은 응집원 B를 갖는 B형과 AB형 중 하나이다. 따라서 어머니는 A형과 O형 중 하나인데, 어머니의 적혈구를 자녀 2의 혈장과 섞으면 응집 반응이 일어나므로 어머니에게는 응집원이 있다. 어머니는 응집소 β 를 가지면서 응집원이 있으므로 A형이다. 가족 구성원의 ABO식 혈액형은 각각 서로 다르므로 아버지는 B형, 자녀 1은 AB형, 자녀 2는 O형이다.

㉠. 아버지는 B형이므로 아버지의 혈장에는 응집소 α 가 있다.

㉡. 어머니의 혈장에는 응집소 β 가 있고, 자녀 2의 혈장에는 응집소 α 와 응집소 β 가 모두 있다. 따라서 어머니와 자녀 2의 혈장에는 모두 응집소 β 가 있다.

✕. 자녀 1의 혈장에는 응집소가 없고, 자녀 2의 적혈구에는 응집원이 없으므로 자녀 1의 혈장과 자녀 2의 적혈구를 섞으면 응집 반응이 일어나지 않는다.

15 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용

X에 감염되면 대식세포가 병원체를 삼킨 후 분해하여 항원 조각을 제시한다. 이를 보조 T 림프구가 인식하여 B 림프구의 형질 세포로의 분화를 촉진한다. 형질 세포는 항체를 분비하여 체액성 면역이 일어나도록 한다. 따라서 ㉠은 대식세포, ㉡은 보조 T 림프구, ㉢은 형질 세포이다.

㉠. ㉡은 보조 T 림프구이다.

㉡. ㉠에 의한 식세포 작용(식균 작용)은 비특이적 방어 작용에 해당한다.

㉢. ㉢은 X의 감염에 의해 생성되었으므로 X에 특이적으로 결합한다.

16 ABO식 혈액형

A형인 학생 수는 B형인 학생 수의 2배이며, 응집원 ㉠이 있는 학생 수가 응집원 ㉡이 있는 학생 수보다 많으므로, 응집원 ㉠은 응집원 A, 응집원 ㉡은 응집원 B이다. 응집원 A(㉠)이 있는 학생 수는 A형인 학생 수(A)+AB형인 학생 수(AB)이고, 응집원 B(㉡)이 있는 학생 수는 B형인 학생 수(B)+AB형인 학생 수(AB)이다. 응집원 A(㉠)이 있는 학생 수(A+AB)는 60, 응집원 B(㉡)이 있는 학생 수(B+AB)는 46이고, A형인 학생 수는 B형인 학생 수의 2배이므로 $2B+AB=60$, $B+AB=46$ 이다. 따라서 A형인 학생 수는 28, B형인 학생 수는 14, AB형인 학생 수는 32, O형인 학생 수는 26이다.

㉠. 응집소 α 가 있는 학생 수는 B형인 학생 수+O형인 학생 수이므로 $14+26=40$ 이다. 따라서 ㉠은 40이다.

✕. ㉠과 ㉡이 모두 없는 혈액형은 O형이므로 26이다.

✕. $\frac{\text{AB형인 학생 수}}{\text{A형인 학생 수+O형인 학생 수}} = \frac{32}{28+26} = \frac{16}{27}$ 이다.

17 1차 면역 반응과 2차 면역 반응

B 림프구는 ㉠과 ㉡으로 분화하고, ㉡에서 항체가 분비되므로 ㉠은 기억 세포, ㉡은 형질 세포이다.

㉠. 보조 T 림프구는 B 림프구가 기억 세포(㉠)와 형질 세포(㉡)로 분화(㉢)되는 것을 촉진한다.

㉡. 구간 II에서 2차 면역 반응이 일어나므로 기억 세포(㉠)가 형질 세포(㉡)로 분화되었다.

㉢. 병원체의 침입이 일어나면 비특이적 방어 작용은 항상 일어난다. 따라서 X의 1차 침입 직후인 구간 I과 X의 2차 침입 직후인 구간 II에서 모두 비특이적 방어 작용이 일어났다.

18 특이적 방어 작용

㉠은 보조 T 림프구, ㉡은 대식세포, ㉢은 B 림프구이다.

✕. 대식세포(㉡)가 제시한 X의 항원 조각을 인식해 활성화되는 ㉠은 보조 T 림프구이다.

㉡. (나)는 비특이적 방어 작용이므로 (가)~(다) 중 가장 먼저 일어나고, 활성화된 보조 T 림프구(㉠)에 의해 B 림프구(㉢)의 분화가 일어난다. 따라서 (가)~(다)를 시간 순으로 배열하면 (나) → (가) → (다)이다.

㉢. 이 사람이 X에 재감염되면 (다)에서 형성된 X에 대한 기억 세포가 빠르게 분화하여 기억 세포와 형질 세포를 만들며 형질 세포가 항체를 생성하는 2차 면역 반응이 일어난다.

19 백신의 작용

백신은 안전한 1차 면역 반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 물질로, 백신을 주사하면 기억 세포가 형성되어 동일한 항원이 다시 침입하였을 때 신속하게 다량의 항체가 생성된다.

㉠. X를 주사했을 때 혈중 항체 농도는 ㉡에서가 ㉠에서보다 낮으므로 ㉠은 X에 대한 백신을 접종한 생쥐, ㉡은 X에 대한 백신을 접종하지 않은 생쥐이다.

㉢. ㉠은 X에 대한 백신을 접종한 생쥐이므로, 구간 I의 ㉠에서 2차 면역 반응이 일어났다.

㉣. 구간 II의 ㉠과 ㉡에서 모두 항체가 생성되고 생성된 항체에 의해 항원이 제거되는 체액성 면역 반응이 일어났다.

20 면역 관련 질환

㉠. 자가 면역 질환은 면역 세포가 자기 조직 성분을 항원으로 인식해 자기 세포나 조직을 공격하여 생기는 질환이다.

㉡. 자기 세포를 공격하는 항체는 형질 세포에서 생성된다.

㉢. 류머티즘 관절염은 자가 면역 질환의 예이다.

수능 3월 테스트

본문 102~107쪽

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

01 질병의 구분

‘비감염성 질병이다.’는 고혈압의 특징, ‘병원체가 핵막을 가진다.’는 무좀의 특징, ‘병원체가 유전 물질을 가진다.’는 결핵, 독감, 무좀의 특징, ‘병원체가 스스로 물질대사를 한다.’는 결핵과 무좀의 특징이다.

㉠. A는 독감, B는 고혈압, C는 결핵, D는 무좀이다.

㉡. 결핵(C)의 병원체는 세균으로 세포 구조를 가진다.

㉢. ㉡은 결핵(C)과 무좀(D)이 모두 갖는 특징으로 ‘병원체가 스스로 물질대사를 한다.’이다. ㉠은 ‘병원체가 유전 물질을 가진다.’, ㉡은 ‘비감염성 질병이다.’, ㉢은 ‘병원체가 핵막을 가진다.’이다.

02 병원체

㉠과 ㉡은 감염될 수 있으므로 각각 결핵과 홍역 중 하나이고, ㉢은 당뇨병이다. ㉣과 ㉤ 중 하나는 항생제를 이용하여 치료하므로 ㉣은 결핵, ㉤은 홍역이다.

㉠. X는 세포막이 있으므로 세포 구조를 가진다. 홍역(㉤)의 병원체는 바이러스로 세포 구조가 아니므로 X는 결핵(㉣)의 병원체이다.

㉡. X(결핵(㉣)의 병원체)에는 단백질이 있다.

㉢. 당뇨병(㉢)은 물질대사 장애에 의해 발생하는 질환인 대사성 질환에 해당한다.

03 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용

㉠은 ㉡에게 X의 항원 조각을 제시하므로 ㉠은 대식세포, ㉡은 보조 T 림프구이다. 보조 T 림프구(㉣)의 도움을 받은 ㉢은 ㉤로 분화되므로 ㉢은 B 림프구, ㉤은 형질 세포이다. 대식세포(㉠)가 결핍되면 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용이 모두 정상적으로 일어나지 않으며, 보조 T 림프구(㉣)가 결핍되면 특이적 방어 작용이 정상적으로 일어나지 않는다. 따라서 A는 대식세포(㉠)가 결핍된 생쥐, B는 보조 T 림프구(㉣)가 결핍된 생쥐, C는 정상 생쥐이다.

㉠. A는 대식세포(㉠)가 결핍된 생쥐이다.

㉡. B 림프구(㉢)는 골수에서 성숙한다.

㉢. B와 C에서 모두 대식세포는 이상이 없으므로 구간 I에서 X에 대한 식세포 작용(식균 작용)은 B(보조 T 림프구(㉣)가 결핍된 생쥐)와 C(정상 생쥐)에서 모두 일어났다.

04 항원 항체 반응의 특이성과 2차 면역 반응

✕. X_1 에는 항원 A와 B가 모두 있고, X_2 에는 항원 A만 있다. ㉠ 감염 시 ㉠만 생성되고, ㉡ 감염 시 ㉠과 ㉡이 모두 생성되므로 ㉠은 X_2 , ㉡은 X_1 이고, ㉠은 항원 A에 대한 항체, ㉡은 항원 B에 대한 항체이다.

㉢. 구간 I에서 항체의 농도가 상승하는 것은 형질 세포로부터 항체가 생성되었기 때문이다.

㉣. 구간 I과 II에서 모두 ㉠이 생성되므로 항원 A에 대한 특이적 방어 작용이 일어났다.

05 특이적 방어 작용

㉠은 병원체에 감염된 세포와 결합하므로 세포독성 T림프구이고, ㉡은 항체를 분비하므로 형질 세포이다. ㉢은 과정 ㉠을 거쳐 ㉣으로 분화되므로 ㉣은 B 림프구, ㉤은 기억 세포이다.

✕. (가)는 세포독성 T림프구(㉠)에 의한 세포성 면역 반응이므로 특이적 방어 작용에 해당한다.

㉢. B 림프구(㉣)가 기억 세포(㉤)로 분화되는 과정 ㉠은 보조 T 림프구에 의해 촉진된다.

✕. 1차 면역 반응은 B 림프구(㉣)가 기억 세포(㉤)로 분화되는 과정으로 과정 ㉠은 일어나지만, 기억 세포(㉤)가 형질 세포(㉢)로 분화되는 과정 ㉡는 2차 면역 반응에서 일어난다.

06 체액성 면역

(다)에서 A를 주사한 I은 죽었으므로 A는 독성이 강하고, ㉠과 ㉡은 독성이 약하거나 없다.

㉠. (다)의 II에서 ㉠에 대한 기억 세포를 분리하여 IV에게 주사한 후 II와 IV에게 각각 A를 주사했을 때 ㉠에 대한 기억 세포가 있는 II가 죽었으므로 ㉠은 '죽는다'이다.

㉢. 항원이 침입하면 신속하게 비특이적 방어 작용이 일어나므로 (다)의 II와 III에서 모두 비특이적 방어 작용이 일어났다.

㉣. (다)에서 A를 주사한 I은 죽는데, (라)에서 ㉣에 대한 기억 세포를 주사한 후 (마)에서 A를 주사한 V는 살았으므로 (마)의 V에서 기억 세포로부터 형질 세포로의 분화가 일어났다.

07 HIV에 의한 보조 T 림프구 감소

㉢은 병원체에 감염된 세포를 직접 파괴하므로 세포독성 T림프구이고, ㉠은 세포독성 T림프구(㉢)의 증식 및 활성화를 촉진하므로 보조 T 림프구, ㉣은 HIV이다. HIV(㉣)는 보조 T 림프구(㉠)를 파괴하여 세포성 면역와 체액성 면역을 모두 약화시킨다.

✕. HIV(㉣)는 바이러스이므로 세포 구조를 갖지 않는다. 따라서 세포 분열을 하지 않는다.

㉢. 보조 T 림프구(㉠)의 도움을 받은 B 림프구는 기억 세포와 형질 세포로 분화되며, 형질 세포는 항체를 생성한다. 항체에 의해 항원을 제거하는 면역 반응은 체액성 면역이다.

㉣. 세포독성 T림프구(㉢)에 의한 면역 반응은 보조 T 림프구(㉠)에 의해 활성화가 촉진된다. 보조 T 림프구(㉠)의 수는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많으므로 세포 독성 T림프구(㉢)에 의한 면역 반응은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 활발하게 일어난다.

08 ABO식 혈액형

㉠. I의 혈액은 항 A 혈청에서는 응집되지 않고, 항 B 혈청에서는 응집되므로 B형이다. I의 혈장에는 응집소 α 가 있고, II~IV 중 2명은 각각 A형과 AB형이므로 I의 혈장과 II~IV의 적혈구를 각각 섞었을 때 두 곳에서는 응집되고, 한 곳에서는 응집되지 않는다. 따라서 ㉠은 '응집됨', ㉡는 '응집 안 됨'이다.

㉢. I의 혈장과 II의 적혈구를 섞었을 때 응집되므로 II에는 응집원 A가 있다. 또한, I의 혈장과 III의 적혈구를 섞었을 때 응집이 안되므로 III은 O형이다. IV의 혈장과 II의 적혈구를 섞었을 때 응집되므로 IV의 혈장에 응집소 β 가 있고, IV는 A형, II는 AB형이다. II (AB형)에는 응집원 A와 B가 모두 있다.

㉣. III의 혈장에는 응집소 α 와 응집소 β 가 모두 있고, IV의 적혈구에는 응집원 A가 있으므로 III의 혈장과 IV의 적혈구를 섞으면 응집 반응이 일어난다.

09 ABO식 혈액형

응집원 A가 있는 학생의 수 = 10
응집원 B가 있는 학생의 수 = 9

AB형인 학생의 수는 9의 배수이고, $\frac{\text{응집소 } \alpha \text{가 있는 학생의 수}}{\text{응집소 } \beta \text{가 있는 학생의 수}}$

= $\frac{20}{23}$ 이므로 A형인 학생의 수+O형인 학생의 수는 23의 배수

이다. X에 속한 모든 학생의 수는 100명이므로 A형인 학생의 수 + AB형인 학생의 수 = 60, B형인 학생의 수 + AB형인 학생의 수 = 54, B형인 학생의 수 + O형인 학생의 수 = 40, A형인 학생의 수 + O형인 학생의 수 = 46이다. 응집소 ㉠이 있는 학생 중 혈액을 ㉢과 섞으면 응집되는 학생은 A형과 B형 중 하나이다. B형인 학생의 수가 24이면 A형인 학생의 수와 AB형인 학생의 수는 각각 30으로 A형, B형, AB형, O형인 학생의 수가 모두 다르다는 조건에 모순이다. 따라서 A형인 학생의 수는 24, B형인 학생의 수는 18, AB형인 학생의 수는 36, O형인 학생의 수는 22이다.

㉢. ㉢은 β 이다.

✕. X에서 응집원 A와 B가 모두 있는 학생의 수는 36이다.

✕. ㉣은 항 A 혈청이다. 항 A 혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생의 수는 60이고, 항 A 혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생의 수는 40이다.

10 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용

㉠이 ㉣으로 분화되므로 ㉠은 B 림프구, ㉢은 형질 세포이고,

㉔에 의해 식세포 작용(식균 작용)이 일어나므로 ㉔은 대식세포이다.

✗. B 림프구(㉑)는 X에 감염된 세포를 직접 파괴하지 않는다.

㉒. 구간 I에서 X에 대한 혈중 항체 농도가 증가하기 시작하므로 대식세포(㉔)에 의한 식세포 작용(㉕)과 B 림프구(㉑)가 형질 세포(㉓)로 분화되는 반응(㉖)이 모두 일어났다.

㉓. 형질 세포에 의해 항체가 분비되므로 구간 I에서 형질 세포(㉓)로부터 항체가 생성되었다.

11 체액성 면역

(다)의 II에는 ㉑에 대한 기억 세포와 ㉒에 대한 기억 세포가 모두 있고, (다)의 III에는 ㉒에 대한 기억 세포와 ㉓에 대한 기억 세포가 모두 있으며 (다)의 IV에는 ㉓에 대한 기억 세포가 있다.

㉑. 실험 결과 A에 대한 혈중 항체 농도는 II에서가 III과 IV에서보다 높고, B에 대한 혈중 항체 농도는 III과 IV에서가 II에서보다 높으며, C에 대한 혈중 항체 농도는 II와 III에서가 IV에서보다 높으므로 ㉑은 A, ㉒은 C, ㉓은 B이다.

㉒. (나)의 I~III에서 모두 기억 세포가 생성되었으므로 특이적 방어 작용이 일어났다.

㉓. II와 III에 C를 주사했을 때 2차 면역 반응이 일어났으므로 t_1 일 때 II와 III에는 모두 C에 대한 기억 세포가 있다.

12 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용

㉑은 대식세포, ㉒은 보조 T 림프구, ㉓은 형질 세포이다.

㉑. 화학 신호 물질(히스타민)은 모세 혈관을 확장시켜 혈관벽의 투과성을 증가시킨다.

✗. 보조 T 림프구(㉒)는 X에 감염된 세포를 직접 공격하여 파괴하지 않는다.

✗. 형질 세포(㉓)는 기억 세포로 분화되지 않는다.

08 유전 정보와 염색체

수능 2점 테스트

본문 117~120쪽

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

01 염색체의 구조

A는 염색체, B는 뉴클레오솜, C는 DNA이다.

㉑. 세포 분열 시 방추사가 결합하는 염색체(A)의 ㉑은 동원체이다.

㉒. B는 DNA(C)가 히스톤 단백질을 감아 형성된 뉴클레오솜이다.

㉓. DNA(C)에는 유전 정보가 저장되어 있는 유전자가 있다.

02 염색체, 유전자, 유전체

A는 유전체, B는 염색체, C는 유전자이다.

㉑. 한 개체가 가진 모든 유전 정보 전체는 유전체(A)이다.

㉒. 하나의 염색체(B)에는 여러 개의 유전자(C)가 있다.

㉓. 유전자(C)는 개체의 유전 형질에 대한 정보가 저장된 DNA의 특정 부위이므로 '유전 정보가 저장된 DNA의 특정 부위이다.'는 ㉑에 해당한다.

03 핵형 분석

㉑과 ㉒, ㉓과 ㉔, ㉕과 ㉖이 각각 상동 염색체이고, ㉗(X 염색체)과 ㉘(Y 염색체)은 성염색체이다.

㉑. ㉒과 ㉖이 성염색체이므로 ㉑, ㉓, ㉕, ㉘은 모두 상염색체이다.

㉒. 성염색체인 ㉒과 ㉖의 모양과 크기가 서로 다르므로 P의 성염색체 구성은 XY이며, 남자이다.

✗. ㉓은 ㉕과 상동 염색체이다.

04 세포의 핵형

A는 체세포의 핵상이 $2n=6(4+XX)$ 인 개체의 세포이고, B는 체세포의 핵상이 $2n=6(4+XY)$ 인 개체의 세포이다.

㉑. ㉒에는 DNA가 히스톤 단백질을 감아 형성된 뉴클레오솜이 있으므로 단백질이 있다.

✗. A를 갖는 개체와 B를 갖는 개체는 같은 종이지만, 성염색체의 구성이 다르므로 핵형이 서로 다르다.

✕. B를 갖는 개체의 감수 2분열 중기 세포는 상염색체 수가 2이고, 각각 2개의 염색 분체로 구성되므로 상염색체 염색 분체 수는 4이다.

05 상동 염색체

상동 염색체의 같은 위치에는 같은 형질의 결정에 관여하는 대립 유전자가 있다. 하나의 염색체를 이루는 2개의 염색 분체는 동일한 유전 정보를 가진다.

✕. ⑦을 이루는 2개의 염색 분체는 동일한 유전 정보를 가지므로 ①은 A이다.

○. ⑦은 ④와 상동 염색체이다.

✕. ⑦과 ④의 유전자 구성이 A와 b로 서로 같으므로 이 사람에게 게서 형성되는 생식세포가 A와 b를 가질 확률은 1이다.

06 체세포 분열과 감수 분열

구간 I은 G_2 기와 체세포 분열의 분열기, 구간 II는 G_1 기, 구간 III은 G_2 기와 감수 1분열 시기, 구간 IV는 감수 2분열 시기에 해당한다.

○. 구간 II에는 G_1 기 세포가 있다. G_1 기 세포에는 핵이 있으므로 핵막이 관찰된다.

✕. 2가 염색체는 감수 1분열 과정에서 관찰되므로 구간 I과 III 중 III에 있는 세포에서만 관찰된다.

○. 감수 2분열이 일어나는 구간 IV에는 하나의 염색체를 이루는 2개의 염색 분체가 분리되는 세포가 있다.

07 체세포 분열과 감수 분열

I은 감수 1분열 중기 세포, II는 체세포 분열 중기 세포, III은 감수 2분열 중기 세포이다.

○. 감수 1분열 중기 세포인 I과 체세포 분열 중기 세포인 II의 핵상은 $2n$ 으로 서로 같다.

○. 상동 염색체가 접합된 2가 염색체가 있는 I은 감수 1분열 중기 세포이다.

✕. III은 감수 2분열 중기 세포로 감수 1분열 중기 세포인 I의 분열 결과 형성된 세포이다.

08 체세포의 세포 주기

○. I은 G_1 기, II은 S기이다.

○. 구간 I의 세포는 대부분 세포당 DNA양(상댓값)이 1에 해당하므로 DNA가 복제되지 않은 G_1 기(○) 세포에 해당한다.

○. S기(○)에 DNA의 복제가 일어난다.

○. 구간 II에는 M기(분열기)에 해당하는 세포도 포함되므로 방추사가 동원체에 결합한 세포가 있다.

09 핵형

(다)에는 (가), (나), (라)에 없는 검은색 염색체가 있으므로 (가), (나), (라)는 같은 종의 세포이다. (나)에는 X 염색체가 2개 있고, (가), (다), (라)에는 Y 염색체가 있으므로 (가)와 (라)는 A의 세포, (나)는 B의 세포, (다)는 C의 세포이다.

○. (가)는 A의 세포이다.

○. A는 B와 같은 종이며 성별이 서로 다르다.

✕. 체세포 1개당 상염색체 수는 B와 C에서 4로 같고, X 염색체 수는 암컷인 B가 2, 수컷인 C가 1이므로 체세포 1개당 $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 C가 B보다 크다.

10 감수 분열

○. I은 X 염색체가 없고, II은 X 염색체가 있으므로 I은 II, II은 I이다.

✕. I은 핵상이 n 인 II이다.

○. II은 감수 1분열 중기 세포인 I이다. 감수 1분열 중기 세포에는 2가 염색체가 있다.

✕. I의 X 염색체 수는 II(○)와 III의 X 염색체 수를 더한 값과 같다. 따라서 I(○)과 III의 X 염색체 수는 각각 1로 같다.

11 체세포 분열

구간 I에는 체세포 분열 후기와 말기가 포함되고, (나)는 체세포 분열 후기의 세포이다.

○. 방추사는 염색체의 동원체에 결합하므로 ○에는 동원체가 있다.

✕. (나)의 세포에서 상동 염색체는 분리되지 않고 염색체가 각각 염색 분체로 분리되어 세포의 양극으로 이동하므로 구간 I은 체세포 분열 과정의 일부이다.

○. (나)에서 체세포 분열이 진행되므로 (나)의 분열 결과 형성되는 딸세포의 핵상은 모세포와 같은 $2n$ 이다.

12 감수 분열

II에 b가 있으므로 G_1 기 세포인 I에도 b가 있고, b가 없는 III은 핵상이 n 인 감수 2분열 중기 세포이다. II가 감수 1분열 중기 세포라면 ④의 유전자는 상염색체에 있으므로 A와 a의 DNA 상대량을 더한 값은 4가 되어야 한다. 그런데 II에서 A와 a의 DNA 상대량을 더한 값이 2이므로 II는 감수 2분열 중기 세포이고 II와 III에 각각 a가 없으므로 P의 ④의 유전자형은 AABb이다.

✕. II는 감수 2분열 중기 세포이므로 핵상이 n 이다.

✕. P는 A를 동형 접합성으로 가지고, B와 b를 가지므로 ④의 유전자형은 AABb이다.

○. 세포 1개당 A의 DNA 상대량은 G_1 기 세포인 I과 감수 2분열 중기 세포인 III에서 각각 2로 같다.

13 감수 분열

아버지의 체세포에는 A와 b만 있으므로 ㉔의 유전자가 상염색체에 있다면 태어나는 자녀는 반드시 A를 가져야 한다. 그런데 자녀 I의 체세포에는 A가 없으므로 ㉔의 유전자는 X 염색체에 있다. 자녀 I은 a만 가지므로 남자이고, 자녀 II는 여자이다. 여자인 자녀 II에 a와 B가 없으므로 II는 아버지로부터 A와 b, 어머니로부터 A와 b를 각각 물려받았다.

✗. I은 남자이므로 II는 여자이다.

✗. ㉔의 유전자는 X 염색체에, ㉕의 유전자는 상염색체에 있다.

Ⓒ. 어머니의 ㉔와 ㉕의 유전자형은 $X^A X^a B b$ 이므로 어머니에게서 형성된 생식세포가 A와 b를 모두 가질 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

14 핵형

체세포 1개당 총염색체 수에는 성염색체 1쌍이 포함되어 있으므로 ㉔는 23, ㉕는 46이다.

Ⓒ. ㉕(46)는 ㉔(23)의 2배이다.

✗. 고릴라와 침팬지는 체세포 1개당 총염색체 수가 48로 같다. 하지만 서로 다른 종이므로 핵형이 서로 다르다.

Ⓒ. 고릴라의 체세포 1개당 상염색체 수는 46이고, 사람의 생식세포 1개당 총염색체 수는 23이다.

15 감수 분열

대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 있고, 유전자형이 Aa이므로 ㉔는 a이다.

Ⓒ. ㉔가 있는 염색체와 A가 있는 염색체는 상동 염색체이므로 ㉔는 a이다.

Ⓒ. 염색체의 동원체(㉔)에 방추사가 결합한다.

✗. t₁일 때 상동 염색체 사이의 거리가 멀어지고 있으므로 상동 염색체가 분리되는 감수 1분열이 일어나고 있다.

16 감수 분열

㉔은 ㉕에 있는 b가 없으므로 핵상이 n인 세포이고, A의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열 중기 세포이다. ㉕은 A와 b가 모두 없는 생식세포이고, 나머지 ㉔은 G₁기 세포이다.

Ⓒ. 서로 다른 2개의 상염색체에 ㉔의 유전자가 있고, G₁기 세포인 ㉕에서 A와 b의 DNA 상대량이 각각 1이므로 P의 ㉔의 유전자형은 AaBb이다.

Ⓒ. ㉔은 감수 2분열 중기 세포이다.

✗. 세포 1개당 a와 B의 DNA 상대량을 더한 값은 ㉔과 ㉕이 각각 2로 같다.

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

01 염색체의 구조와 세포 주기

㉔는 히스톤 단백질, ㉕는 DNA이다. 염색체는 히스톤 단백질(㉔)을 DNA(㉕)가 감싼 구조인 뉴클레오솜으로 이루어져 있다.

㉖은 M기(분열기), ㉗은 S기이다.

Ⓒ. ㉔는 뉴클레오솜을 이루는 히스톤 단백질이다.

Ⓒ. 덜 응축된 염색체가 더 응축되는 과정 I은 분열기 전기에 나타난다. 세포 주기는 G₁기 → S기(㉕) → G₂기 → M기(㉖) 순으로 진행되므로 ㉖ 시기(M기)에 과정 I이 일어난다.

Ⓒ. S기에 DNA의 복제가 일어나므로 ㉕ 시기(S기)에 세포 1개당 DNA(㉕)의 양은 증가한다.

02 핵형과 감수 분열

㉔는 분열기에 관찰되는 염색체이고, ㉕은 X 염색체, ㉖은 Y 염색체이므로 P의 성별은 남자이다. I의 세포 1개당 상염색체 수가 22이고, II에는 ㉕이 없으므로 I과 II는 모두 핵상이 n인 감수 2분열 중기 세포이다. III에는 ㉕과 ㉖이 모두 있으므로 핵상이 2n인 체세포 분열 중기 세포 또는 감수 1분열 중기 세포이다.

Ⓒ. 염색체에는 히스톤 단백질을 DNA가 감싼 구조인 뉴클레오솜이 있다.

Ⓒ. 핵상이 2n인 III의 세포 1개당 상염색체의 염색 분체 수는 88이고, X 염색체(㉕) 수는 1이며, 핵상이 n인 I의 세포 1개당 상염색체의 염색 분체 수는 44이고, X 염색체(㉕) 수는 1이다. 따라서 세포 1개당 $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체의 염색 분체 수}}$ 는 I에서가 III에서의 2배이다.

✗. II에는 ㉕이 없으므로 Y 염색체(㉖)가 있다. 따라서 II로부터 형성된 생식세포는 Y 염색체를 가지고, 정상 생식세포(남자)에는 X 염색체가 있으므로 두 생식세포의 수정으로 태어나는 아이의 성별은 남자이다.

03 세포 주기

‘뉴클레오솜이 있다.’는 G₁기 세포, M기 세포, S기 세포가 모두 갖는 특징이고, ‘핵에서 DNA 복제가 일어난다.’는 S기 세포만 갖는 특징이며, ‘핵막이 소실된다.’, ‘방추사가 동원체에 부착된다.’는 M기 세포만 갖는 특징이다. 따라서 (가)의 특징 중 가지는 특징의 개수가 1인 I은 G₁기 세포, 2인 II는 S기 세포, 나머지 III은 M기 세포이다.

- ㉠ 뉴클레오솜(㉠)은 히스톤 단백질을 DNA가 감싼 것이다.
 ㉡ II는 핵에서 DNA 복제가 일어나는 S기 세포이다.
 ✕. 세포 1개당 DNA 상대량은 M기 세포(III)가 G₁기 세포(I)의 2배이다.

04 핵형

- (가)~(라)의 핵상은 각각 n , $2n$, $2n$, n 이다. (가)와 (라)는 III의 세포, (나)는 II의 세포, (다)는 I의 세포이다.
 ✕. 모양과 크기가 같은 염색체가 있는 (가)와 (라)는 같은 종의 세포이다. (가)에는 3개의 상염색체와 나타내지 않은 X 염색체가 있고, (라)에는 3개의 상염색체와 Y 염색체가 있다. 모양과 크기가 같은 염색체가 있는 (나)와 (다)는 같은 종의 세포이고, (나)에는 4개의 상염색체와 1개의 Y 염색체, 나타내지 않은 1개의 X 염색체가 있고, (다)에는 4개의 상염색체와 나타내지 않은 2개의 X 염색체가 있다. 따라서 (나)를 갖는 개체와 (가)와 (라)를 갖는 개체는 성별이 같고, (나)를 갖는 개체와 (다)를 갖는 개체는 같은 종이므로 (가)와 (라)는 III의 세포, (나)는 II의 세포, (다)는 I의 세포이다.
 ㉢ (나)와 (다)에는 각각 크기와 모양이 서로 같은 염색체가 2개씩 있으므로 핵상이 모두 $2n$ 이다.
 ✕. 체세포의 핵상과 염색체 구성이 I은 $2n=4+XX$, II는 $2n=4+XY$, III은 $2n=6+XY$ 이다. 따라서 체세포 1개당 $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 II에서가 III에서보다 작다.

05 상염색체와 성염색체

- I은 ㉠~㉣이 모두 있으므로 핵상이 $2n$ 인 세포이고, II는 ㉠, ㉡, ㉣이, III은 ㉣이, IV는 ㉠이 없으므로 핵상이 n 인 세포이다. 이 동물 종의 체세포에는 상염색체 3쌍과 성염색체 1쌍이 있는데 ㉠~㉣은 모두 크기와 모양이 다르므로 ㉠~㉣ 중 하나는 X 염색체이고, 나머지 4개 중 하나는 Y 염색체이며, 나머지 3개는 상염색체이다. 3개의 상염색체 중에는 상동 염색체가 없다. P와 Q에는 모두 ㉠~㉣이 있으므로 P와 Q는 모두 수컷이다.
 ✕. 핵상이 n 인 세포에는 상염색체 3개와 성염색체 1개가 있다. II에서 ㉡과 ㉣ 중 하나가 성염색체이다. ㉣이 성염색체라면 핵상이 n 인 III과 IV 중 하나는 2개의 성염색체를 가지게 되므로 모순이다. ㉣이 성염색체라면 ㉠이 성염색체이고, ㉡, ㉢, ㉣은 상염색체가 되며 모순되지 않는다. 따라서 ㉡은 상염색체이다.
 ㉤ II와 III은 모두 핵상이 n 이다.
 ✕. 생식세포의 핵상은 n 이고, ㉠과 ㉣은 각각 X 염색체와 Y 염색체 중 하나이므로 생식세포에는 ㉠과 ㉣이 함께 존재할 수 없다. 따라서 Q에서 형성된 생식세포가 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣을 모두 가질 확률은 0이다.

06 감수 분열

- I의 ㉡의 유전자형이 AaBB이므로 I의 감수 분열 과정에서 형성되는 세포에는 A와 B 또는 a와 B가 있다. 그런데 (가)는 b가 있으므로 I의 세포가 아니다. 핵상이 n 인 (나)에는 ㉠과 ㉡, Y 염색체가 있고, 핵상이 $2n$ 인 (다)에는 X 염색체가 2개 있으므로 (나)와 (다)는 서로 다른 개체의 세포이다. (다)에는 ㉠이 2개 있으므로 II의 세포이고, ㉠은 A이다. (나)는 I의 세포이므로 ㉡은 B이고, II의 ㉢의 유전자형은 AABb이다.
 ㉤ (다)는 ㉢의 유전자형이 AABb인 II의 세포이므로 ㉡은 A이다.
 ✕. (나)는 I의 세포이다.
 ✕. G₁기 세포 1개당 A와 B 각각의 DNA 상대량을 더한 값은 I(AaBB)과 II(AABb)에서 모두 3이다.

07 감수 분열

- I에서 A와 B의 DNA 상대량이 각각 2와 1로 서로 다르므로 I은 G₁기 세포이다. II에서 B의 DNA 상대량과 III에서 b의 DNA 상대량이 각각 2이므로 II와 III은 모두 중기의 세포이며, IV는 생식세포이다. IV에는 a가 있고 I과 II에 모두 a가 없으므로 II는 감수 2분열 중기 세포이고, III은 감수 1분열 중기 세포이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
아버지의 세포 I	2	?(0)	1	?(1)	?(1)	1
어머니의 세포 II	?(2)	0	2	?(0)	0	㉢(2)
자녀 1의 세포 III	㉡(4)	0	?(2)	2	0	?(4)
자녀 2의 세포 IV	0	?(1)	?(0)	1	1	?(0)

- ✕. ㉡는 4, ㉢는 2이다.
 ㉤. II는 감수 2분열 중기 세포, IV는 생식세포이므로 모두 핵상이 n 이다.
 ㉤. 어머니의 체세포에는 A, B, d가 함께 있는 염색체와 a, b, D가 함께 있는 염색체가 있으므로 (가)의 유전자형이 AaBbDd이다.

08 감수 분열

- ㉤에 있는 ㉡가 ㉠과 ㉢에 없으므로 ㉤은 핵상이 $2n$ 인 II이다. ㉤에 ㉡가 있으므로 ㉤은 ㉡, ㉢, ㉣을 가진다. ㉤에 ㉢가 없으므로 ㉠과 ㉢에도 ㉢가 없다. ㉠에는 ㉢만 있고, D+E가 1이므로 ㉢는 상염색체에 있는 D이고, ㉠은 IV, ㉢은 III이다. D+E가 2인 ㉤에 있는 ㉡는 X 염색체에 있는 e이다. ㉤(II)에는 D, d, e가

있고 E는 없다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

세포	대립유전자				DNA 상대량을 더한 값
	ⓐ(e)	ⓑ(D)	ⓒ(E)	ⓓ(d)	
㉠(IV)	×	○	?(×)	×	1
㉡(II)	?(○)	○	×	○	?(1)
㉢(III)	○	○	?(×)	×	2

(○: 있음, ×: 없음)

Ⅹ. ㉠(II)에서 D+E는 1이다.

㉡. ㉢는 E이다.

Ⅹ. IV(㉠)에는 Y 염색체가, III(㉢)에는 X 염색체가 있다.

09 감수 분열

(나)에서 ㉠과 ㉢의 DNA 상대량을 더한 값이 3이므로 (나)에는 ㉠과 ㉢ 중 하나가 동형 접합성으로 있고, (나)의 핵상은 2n이다. ㉠과 ㉢ 중 하나의 DNA 상대량이 1이므로 (나)는 G₁기 세포인 I이고, 상염색체 수가 6인 (라)는 II이다. (가)와 (다) 중 III인 세포에서 각 대립유전자의 DNA 상대량은 0과 2 중 하나이므로 ㉠+㉢이 1인 (다)는 IV이고, 나머지 (가)는 III이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

세포	상염색체 수	DNA 상대량		
		㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢
(가)III	3	2	?(4)	?(2)
(나)I	ⓐ(6)	?(2)	3	?(3)
(다)IV	?(3)	?(1)	1	2
(라)II	6	4	?(6)	?(6)

Ⅹ. (나)I와 (라)II는 모두 핵상이 2n인 세포이고, P는 상염색체가 XX이므로 ㉢는 6이다.

Ⅹ. 핵상이 n인 (다)IV에는 ㉡과 ㉢이, (가)III에는 ㉠과 ㉢이 있다. 따라서 P의 유전자형은 AaBB이고, (다)IV에는 A가 있으므로 ㉠은 a, ㉡은 A, ㉢은 B이다. 따라서 ㉠은 A이므로 b의 대립유전자가 아니다.

㉢. II의 세포 1개당 유전자 ㉠(a)과 ㉢(B)의 DNA 상대량을 더한 값은 2+4=6(㉢)이다.

10 감수 분열

핵상이 2n인 ㉠으로부터 핵상이 n인 ㉢이 형성되었으므로 (가)는 감수 1분열 과정이다. I의 총염색체 수를 2x라고 가정할 때, I이 수컷이라면 ㉡는 $\frac{1}{2x}$ 이고, 감수 1분열 결과 형성되는 감수 2분열 중기 세포에서 $\frac{X}{\text{총염색체 수}}$ 염색체 수는 $\frac{1}{x}$ 과 0 중 하나이므로 ㉠과

㉢의 $\frac{X}{\text{총염색체 수}}$ 염색체 수는 같을 수 없다. 따라서 I은 암컷이고, II는 수컷이다.

Ⅹ. I의 성별은 암컷이다.

㉡. ㉢이 감수 2분열 중기 세포라면 감수 2분열에서 염색 분체의 분리가 일어나므로 ㉡과 ㉢의 $\frac{X}{\text{총염색체 수}}$ 염색체 수는 같아야 한다. 그런데 각각 ㉡와 ㉢로 다르므로 (나)는 (가)와 같이 감수 1분열 과정이다. 따라서 ㉢으로부터 ㉢이 형성되는 과정에서 상동 염색체의 분리가 일어났다.

㉢. I의 체세포의 총염색체 수를 2x라고 가정할 때 ㉡는 $\frac{1}{x}$ 이고, ㉢는 $\frac{1}{2x}$ 이므로 I과 II의 총염색체 수는 2x로 같다. 따라서 I과 II의 체세포 1개당 상염색체 수는 2x-2로 같다.

11 감수 분열

㉠은 a+B가 3이므로 핵상이 2n인 세포이다. ㉠에서 a+B, B+D가 각각 3이므로 P의 (가)의 유전자형은 aaBbDD와 AaBBdd 중 하나이다.

Ⅹ. P의 (가)의 유전자형이 aaBbDD라면 표의 I~III에서 ㉢는 모두 있거나(㉢가 D), 모두 없어야(㉢가 d)한다. 그런데 I에는 ㉢가 있고, III에는 ㉢가 없으므로 P의 (가)의 유전자형은 AaBBdd이다. 따라서 P에서 a, b, D를 모두 갖는 생식세포는 형성될 수 없다.

㉡. I에 있는 ㉢가 없는 II와 III의 핵상은 n이다. 또한 P의 (가)의 유전자형이 AaBBdd이고, 핵상이 2n인 ㉠에는 ㉢가 있어야 하므로 I은 ㉠이며, III은 감수 2분열 중기 세포이다.

㉢. a+B는 2, B+D는 1인 ㉡은 생식세포이고 II이며, (가)의 유전자 구성은 a, B, d이다. II에는 ㉢가 없으므로 ㉢는 A이다. P의 (가)의 유전자형은 AaBBdd이고, III인 ㉢에서 a+B, B+D는 각각 2이므로 ㉢(III)의 (가)의 유전자 구성은 A, B, d이며, ㉢는 B, ㉢는 D이다. ㉡(II)과 ㉢(III)의 세포 1개당 ㉢(A), ㉢(D)의 DNA 상대량을 더한 값은 각각 0과 2이고, ㉢(B)의 DNA 상대량은 각각 1과 2이므로

$\frac{\text{㉢(A)의 DNA 상대량} + \text{㉢(D)의 DNA 상대량}}{\text{㉢(B)의 DNA 상대량}}$ 은 ㉡(II)이 ㉢(III)보다 작다.

12 체세포 분열

체세포 분열 과정에서 I은 중기의 세포, II는 전기의 세포, III은 후기의 세포, IV는 간기의 세포이다.

Ⅹ. 체세포 분열 과정에서 2개의 염색 분체로 구성된 각각의 염색체가 염색 분체로 분리되어 세포의 양극으로 이동하므로 ㉢에는 H와 h가 모두 있다.

㉡. 같은 배율에서 관찰한 결과이므로 IV(간기의 세포) → II(전기의 세포) → I(중기의 세포) → III(후기의 세포) 순으로 체세포 분열이 진행된다.

✕. 뉴클레오솜은 DNA가 히스톤 단백질을 감싼 구조로 간기와 분열기 세포의 염색체에 모두 있다. 따라서 '뉴클레오솜이 있다.'는 ㉠에 해당하지 않는다. I~III은 모두 분열기의 세포이므로 '핵막이 없다.' 등이 ㉠에 해당한다.

13 감수 분열

세포에 나타난 염색체 수가 5인 (가)의 핵상은 $2n$, 3인 (나)와 2인 (다)는 모두 핵상이 n 이다. (나)와 (다)는 모두 감수 2분열 중기 세포에 해당하므로 각 대립유전자의 DNA 상대량이 2이다. 따라서 $h+T=1$ 인 III은 (가)이다.

㉠. H, h, T, t의 DNA 상대량을 모두 더한 값이 3인 III의 핵상은 $2n$ 이고, III(가)에서 $h+T$ 가 1이므로 H와 h, T와 t 중 하나는 X 염색체에 있고, P의 성염색체는 XY이며 수컷이다.

✕. H, h, T, t의 DNA 상대량을 모두 더한 값이 4인 II는 X 염색체가 있는 (나)이고, H, h, T, t의 DNA 상대량을 모두 더한 값이 2인 I은 Y 염색체가 있는 (다)이다. (다)에 H만 있으므로 H와 h는 상염색체에, T와 t는 염색체에 있다.

㉡. (다)에는 ㉡, H가 있는 염색체, 나타내지 않은 Y 염색체가 있으므로 H가 있는 염색체와 ㉡은 모두 상염색체이며, I (다)에는 h와 T가 없다. II(나)에는 ㉠, ㉡, t가 있는 염색체가 있고, t의 DNA 상대량이 2이므로 H는 없고, h의 DNA 상대량이 2이다. (다)에서 ㉡은 H가 있는 염색체와 상동 염색체가 아니므로 ㉠이 H가 있는 염색체와 상동 염색체이다. 따라서 h는 ㉠에 있다.

14 감수 분열

그림의 세포는 후기 세포인 IV이고, II는 중기 세포, III은 생식세포이다.

✕. ㉣와 ㉤에 모두 b가 있으므로 그림의 세포는 감수 2분열 후기의 세포이다. 유전자형이 ABD인 생식세포의 비율이 $\frac{1}{4}$ 이고, ㉦에 A가, ㉣에 D가 있으므로 이 동물의 체세포에는 A와 D가 함께 있는 염색체, a와 d가 함께 있는 염색체가 있다. 따라서 ㉣에는 a가 없다.

㉢. 그림의 세포는 감수 2분열 후기 세포이므로 이 동물의 감수 2분열 중기 세포의 핵상과 염색체 수는 $n=3$ 이다. 따라서 감수 1분열 중기 세포인 II에서 2가 염색체는 3개 있다.

㉤. G_1 기 세포인 I과 감수 2분열 후기 세포인 IV는 세포 1개당 DNA 상대량이 각각 1로 같다.

09 사람의 유전

수능 2점 테스트

본문 137~140쪽

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

01 상염색체 유전

사람의 상염색체 유전 중 낫불 모양은 우성이 분리형, 열성이 부착형이다.

㉠. 분리형 낫불 남자 1과 분리형 낫불 여자 2 사이에서 부착형 낫불 여자 4가 태어났으므로 낫불 모양의 유전자는 상염색체에 있다.

✕. 낫불 모양의 유전은 상염색체 유전이며 분리형 낫불은 부착형 낫불에 대해 우성 형질이다. 4가 열성 형질을 가지므로 1의 낫불 모양의 유전자형은 이형 접합성이다.

✕. 1과 2의 낫불 모양의 유전자형은 이형 접합성이므로 4의 동생이 태어날 때, 이 아이의 낫불 모양이 분리형 낫불일 확률은 $\frac{3}{4}$ 이다.

02 사람의 유전 연구

사람의 유전 연구는 한 세대가 길며, 자손의 수가 적고, 임의 교배가 불가능하며, 형질이 복잡하고, 유전자의 수가 많으며, 형질 발현에 환경적 요인의 영향을 많이 받기 때문에 어렵다.

✕. 사람의 유전 연구는 임의 교배가 불가능하기 때문에 직접적인 실험을 통해 특정 형질에 대한 유전을 확인할 수 없다.

㉢. 사람의 유전 연구는 형질이 복잡하고 유전자의 수가 많기 때문에 형질 발현 결과를 분석하기 어렵다.

㉣. 사람의 유전 연구는 한 세대가 길기 때문에 여러 세대에 걸친 유전 현상을 직접적으로 관찰하기 어렵다.

03 사람의 유전 연구

사람의 유전 연구 방법에는 가계도 조사, 쌍둥이 연구, 집단 조사 등이 있다. (가)는 가계도 조사, (나)는 쌍둥이 연구이다.

㉠. 가계도 조사는 특정 유전 형질을 가지는 집안의 가계도를 조사하여 그 형질의 우열 관계와 유전자의 전달 경로 등을 알아낼 수 있으므로 (가)는 가계도 조사이다.

㉡. 가계도는 기호를 통해 구성원의 성별, 관계, 유전 형질 등을 표현할 수 있으며 남자와 여자는 서로 다른 기호로 구분하여 표시한다.

㉔. 1란성 쌍둥이는 하나의 수정란이 발생 초기에 나뉘어져 각각 독립적인 개체로 발생하므로 성별이 서로 같다.

04 상염색체 유전

(가)가 발현되지 않은 1과 2 사이에서 (가)가 발현된 아들이 태어났으므로 (가)는 열성 형질이다. A는 a에 대해 완전 우성이므로 A는 정상 대립유전자, a는 (가) 발현 대립유전자이다. (가)의 유전자가 X 염색체에 있다면 4와 5 사이에서 (가)가 발현된 6이 태어날 수 없으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉕. (가)는 열성 형질이다.

㉖. 1~4의 (가)의 유전자형은 각각 Aa이므로 모두 이형 접합성이다.

㉗. (가)의 유전자형은 4가 Aa이고, 5가 aa이므로 6의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

05 상염색체 유전

(가)가 발현된 1과 2 사이에서 (가)가 발현되지 않은 5가 태어났으므로 (가)는 우성 형질이다. A는 a에 대해 완전 우성이므로 A는 (가) 발현 대립유전자, a는 정상 대립유전자이다. (가)의 유전자가 X 염색체에 있다면 3과 4 사이에서 정상인 7이 태어날 수 없으므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉘. (가)는 우성 형질이다.

㉙. (가)의 유전자가 X 염색체에 있다면 7은 X^aX^a , 3은 X^aY 이다. 하지만 3은 (가) 발현 남자이므로 조건을 만족하지 못한다. 따라서 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

㉚. (가)의 유전자형은 5가 aa이고, 6이 Aa이므로 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

06 성염색체 유전

적록 색맹 유전자는 X 염색체에 있으며 열성 형질이다. 따라서 3이 적록 색맹 여자이므로 1은 적록 색맹 남자이고, 4가 정상 남자이므로 2는 정상 여자이면서 적록 색맹에 대한 보인자이다.

㉛. 3이 적록 색맹 여자이므로 1은 적록 색맹이 발현되었다.

㉜. 2는 적록 색맹에 대한 보인자이므로 적록 색맹의 유전자형은 이형 접합성이다.

㉝. 4는 정상 남자이므로 a를 갖지 않는다.

07 성염색체 유전

(가)가 발현되지 않은 1과 2 사이에서 (가)가 발현된 아들이 태어났으므로 (가)는 열성 형질이다. (가)의 유전자가 상염색체에 있다면 5의 (가)의 유전자형은 aa로 체세포 1개당 a의 DNA 상대량은 2이므로 조건을 만족하지 못한다.

㉞. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

㉟. 체세포 1개당 A의 DNA 상대량은 1, 2, 4, 6, 8에서 각각 1이고, 3, 5, 7은 각각 0이다. 따라서 1~8에서 체세포 1개당 A의 DNA 상대량을 모두 더한 값은 5이다.

㊱. (가)의 유전자형은 5가 X^aY 이고, 6이 X^AX^a 이므로 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 유전자형이 4(X^AX^a)와 같은 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

08 사람의 유전 형질

‘단일 인자 유전에 해당한다.’는 귓볼 모양, 적록 색맹, ABO식 혈액형에, ‘형질을 결정하는 대립유전자는 2가지이다.’는 귓볼 모양과 적록 색맹에, ‘형질을 결정하는 유전자가 X 염색체에 있다.’는 적록 색맹에 해당하는 특징이다. ㉡은 ‘단일 인자 유전에 해당한다.’이고, ㉢은 ‘O’이다. ㉣은 ‘형질을 결정하는 유전자가 X 염색체에 있다.’이고 A는 적록 색맹이다. ㉤은 ‘형질을 결정하는 대립유전자는 2가지이다.’이고 ㉥은 ‘O’이다. B는 귓볼 모양, C는 ABO식 혈액형이다.

㉦. ㉡와 ㉢은 모두 ‘O’이다.

㉧. ㉡은 ‘단일 인자 유전에 해당한다.’이다.

㉨. 귓볼 모양(B)과 ABO식 혈액형(C)의 유전자는 모두 상염색체에 있다.

09 상염색체 유전

구성원의 ABO식 혈액형이 각각 서로 다르고 아들의 ABO식 혈액형에 대한 유전자형만 동형 접합성이므로 구성원의 ABO식 혈액형은 아들이 O형이고, 딸은 AB형, 부모님은 각각 A형과 B형 중 하나이다.

㉩. 아들의 ABO식 혈액형이 A형이라면 ABO식 혈액형의 유전자형은 $I^A I^A$ 이므로 부모님이 모두 I^A 를 갖게 된다. 따라서 부모님의 혈액형은 A형 또는 AB형이다. 그러면 문제의 조건을 만족하지 않으므로 아들은 O형이다.

㉪. 딸의 ABO식 혈액형은 AB형이므로 응집원 A, B를 갖는다. 따라서 아버지의 ABO식 혈액형은 A형과 B형 중 하나이므로 딸의 적혈구를 아버지의 혈청과 섞으면 응집 반응이 일어난다.

㉫. 부모의 ABO식 혈액형의 유전자형은 각각 $I^A i$ 와 $I^B i$ 중 하나이다. 따라서 아들의 동생이 태어날 때, 이 아이의 ABO식 혈액형이 A형일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이고, 딸이 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$ 이므로 ABO식 혈액형이 A형이면서 딸일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

10 성염색체 유전

(가)가 상염색체 열성 형질이라면 (가)의 유전자형은 1이 RR, 2가 rr이다. 그러면 (가)가 발현된 4가 태어날 수 없으므로 자료의 조건을 만족하지 않는다. (가)가 상염색체 우성 형질이라면 (가)

의 유전자형은 1이 rr, 2가 RR이다. 그러면 (가)가 발현되지 않은 3이 태어날 수 없으므로 자료의 조건을 만족하지 않는다. 따라서 (가)의 유전자는 상염색체에 없다. (가)가 X 염색체 우성 형질이라면 (가)의 유전자형은 1이 X^rY, 2가 X^RX^R이다. 그러면 (가)가 발현되지 않은 3이 태어날 수 없으므로 자료의 조건에 만족하지 않는다. 따라서 (가)의 유전자는 X 염색체에 있고, (가)는 열성 형질이다.

✕. (가)의 유전자는 성염색체인 X 염색체에 있다.

㉠. 3의 적혈구와 4의 혈청을 섞으면 응집 반응이 일어나지 않으므로 4의 ABO식 혈액형은 AB형이다.

㉡. (가)의 유전자형은 1이 X^RY이고, 2가 X^rX^r이므로 4의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)가 발현될 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

11 복대립 유전

㉢ D는 A, B, C에 대해, B는 A, C에 대해, C는 A에 대해 각각 완전 우성이므로 (가)의 유전자형이 각각 DD, AD, BD, CD인 사람의 (가)의 표현형은 서로 같고, (가)의 유전자형이 각각 BB, AB, BC인 사람의 (가)의 표현형은 서로 같으며, (가)의 유전자형이 각각 CC, AC인 사람의 (가)의 표현형은 서로 같다. (가)의 유전자형이 AA인 사람의 (가)의 표현형까지 고려하면 총 4가지의 표현형이 나타난다. 이를 종합하여 우열을 표시하면 D>B>C>A이다. (가)의 유전자형이 AB인 남자와 CD인 여자 사이에서 태어난 아이는 (가)의 유전자형이 AC, AD, BC, BD 중 하나를 가지게 된다. 그런데 (가)의 유전자형이 AD와 BD인 사람의 (가)의 표현형은 서로 같고, (가)의 유전자형이 AC와 BC인 사람의 (가)의 표현형은 같지 않으므로 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수는 3이다.

12 다인자 유전

서로 다른 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자에 의해 결정되므로 (가)의 유전은 다인자 유전이다. 따라서 유전자형이 AaBbDD인 아버지와 AaBBDD인 어머니 사이에서 아이가 태어날 때 이 아이가 가질 수 있는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 표와 같다. 음영은 (가)의 표현형이 어머니와 같은 경우이다. 이 아이의 (가)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$ 이다.

난자 \ 정자	ABD	AbD	aBD	abD
ABD	6	5	5	4
ABd	5	4	4	3
aBD	5	4	4	3
aBd	4	3	3	2

㉣. (가)의 유전은 다인자 유전이다.

㉤. ㉠에서 A, b, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.

✕. ㉡는 $\frac{3}{8}$ 이다.

13 상염색체 유전과 성염색체 유전

(가)가 발현되지 않은 1과 2 사이에서 (가)가 발현된 5가 태어났으므로 (가)는 열성 형질이다. 만약 (가)가 X 염색체 유전 형질이라면 (가)가 발현되지 않은 3과 (가)가 발현된 4 사이에서 (가)가 발현된 8이 태어날 수 없다. 따라서 (가)의 유전자는 상염색체에 있고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 또한 (나)가 열성 형질이라면 (나)가 발현되지 않은 3과 (나)가 발현된 4 사이에서 (나)가 발현된 8이 태어날 수 없다. 따라서 (나)는 우성 형질이다.

㉠. (가)가 발현되지 않은 1과 2 사이에서 (가)가 발현된 5가 태어났으므로 (가)는 열성 형질이다.

✕. (나)의 유전자형은 3이 X^bY, 4가 X^BX^b이고, (나)가 발현된 8은 X^BX^b이다. 따라서 8의 (나)의 유전자형은 이형 접합성이다.

㉡. (가)가 발현되지 않은 6의 (가)의 유전자형은 Aa이고, (가)가 발현된 7의 (가)의 유전자형은 aa이다. 또한 (나)가 발현된 6의 (나)의 유전자형은 X^BX^b이고, (나)가 발현된 7의 (나)의 유전자형은 X^BY이다. 따라서 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현될 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

14 단일 인자 유전과 다인자 유전

㉢ (가)는 단일 인자 유전이고, (나)는 다인자 유전이다. (가)의 표현형은 유전자형이 AA, Aa, aa 3가지인 경우 각각 서로 다르다. 유전자형이 AaBbDD인 아버지와 AaBbDd인 어머니 사이에서 아이가 태어날 때 이 아이가 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 AA, Aa, aa이고, (나)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 표와 같다. 음영은 (나)의 표현형이 어머니와 같은 경우이다. 따라서 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 어머니와 같을 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{8} = \frac{3}{16}$ 이다.

정자 \ 난자	BD	Bd	bD	bd
BD	4	3	3	2
bD	3	2	2	1

15 다인자 유전

서로 다른 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자가 하나의 형질에 관여하므로 (가)의 유전은 다인자 유전이다.

㉠. (가)의 유전은 다인자 유전이다.

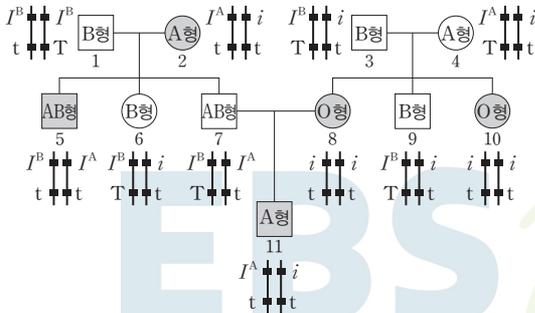
㉡. (가)의 유전자형이 AaBbDD인 개체와 AABbDd인 개체는 각각 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4이므로 표현형은 서로 같다.

㉔. (가)의 유전자형이 AaBbDd인 아버지와 AabbDd인 어머니 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 표와 같다. 음영은 (가)의 표현형이 아버지와 같은 경우이다. 따라서 이 아이의 (가)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 $\frac{5}{16}$ 이다.

정자 남자	ABD							
AbD	5	4	4	4	3	3	3	2
Abd	4	3	3	3	2	2	2	1
abD	4	3	3	3	2	2	2	1
abd	3	2	2	2	1	1	1	0

16 상염색체 유전

(가)의 표현형이 정상인 3과 4 사이에서 (가)가 발현된 10이 태어났으므로 (가)는 열성 형질이다.



㉔. 8의 ABO식 혈액형은 O형이다.

✗. 1의 ABO식 혈액형의 유전자형은 I^BI^B이고, 9의 ABO식 혈액형의 유전자형은 I^Bi이다. 따라서 1과 9의 ABO식 혈액형의 유전자형은 서로 다르다.

✗. 11의 동생이 태어날 때, 이 아이의 ABO식 혈액형이 B형이면서 (가)가 발현될 확률은 0이다.

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

01 상염색체 유전

자료의 조건을 만족하는 경우는 표와 같다. 표는 아버지의 염색체에 있는 (가)~(라)의 대립유전자를 나타낸 것이다.

구분	상동 염색체 I		상동 염색체 II	
	염색체 1	염색체 2	염색체 3	염색체 4
(가)	A	a	-	-
(나)	-	-	B	b
(다)	d	D	-	-
(라)	-	-	E	e

㉔. ①의 (라)의 유전자형은 Ee이므로 이형 접합성이다.

✗. 표에서 대립유전자 B와 대립유전자 E가 같은 염색체에 있으므로 (나)만 우성으로 발현될 확률은 0이다.

✗. (가)~(라)에 대한 아버지의 생식세포의 유전자형은 ABdE, Abde, aBDE, abDe이므로 이 중 표현형이 모두 우성으로 발현된 ①과 같을 확률은 0이다.

02 상염색체 유전과 성염색체 유전

①이 적록 색맹이라고 하면 ①이 발현된 3으로부터 ①에 대해 정상인 8이 태어날 수 없다. 따라서 ①은 유전 형질 (가)이고, ②는 적록 색맹이다.

만약 ③이 남자라면 적록 색맹 유전자형이 ③은 X^BY, ④는 X^BX^{B*}이다. 그러면 자녀의 적록 색맹 유전자형은 아들은 모두 X^{B*}Y이고 딸은 모두 X^BX^{B*}이다. 자녀 중 딸이 적록 색맹이므로 자료의 조건을 만족하지 못한다. 따라서 ③은 여자이고, 유전자형은 X^BX^{B*}이며, ④는 남자이고, 유전자형은 X^{B*}Y이다. 만약 B*가 B에 대해 완전 우성이라면 자녀 중 딸은 모두 정상이어야 하는데 적록 색맹인 3이 태어났으므로 자료의 조건을 만족하지 못한다. 따라서 B가 B*에 대해 완전 우성이다.

✗. 3은 (가)와 적록 색맹이 모두 발현되었으므로 (가)의 유전자형은 aa이고, 적록 색맹 유전자형은 X^{B*}X^{B*}이므로 A를 갖지 않는다.

㉔. ③은 여자이다.

㉔. (가)의 유전자형이 aa인 5와 Aa인 6 사이에서 태어난 아이의 (가)의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, 적록 색맹 유전자형이 X^BY인 5와 X^BX^{B*}인 6 사이에서 태어난 아이의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{3}{4}$ 이므로 (가)와 적록 색맹의 표현형이 모두 정상일 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

03 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠의 체세포에는 B와 b가 모두 있으므로 (나)의 유전자는 상염색체에 있다. 만약 (나)가 상염색체 열성 형질이라면 3이 이형 접합성이 되므로 자료의 조건을 만족하지 못한다. 따라서 (나)는 상염색체 우성 형질이다. ㉡과 5의 (다)의 유전자형이 서로 같으므로 (다)는 상염색체 유전이며 만약 상염색체 우성 형질이면 ㉡과 5의 유전자형이 같은 상황에서 6이 태어날 수 없으므로 (다)는 상염색체 열성 형질이다. (가)는 X 염색체 유전이며 1의 체세포에는 A가 있으므로 X 염색체 열성 형질이다.

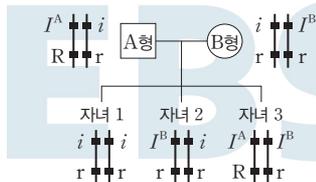
✕. ㉠은 (가) 발현 남자, ㉡은 (나) 발현 남자, ㉢은 정상 남자이므로 모두 정상 표현형을 나타내는 것은 아니다.

㉠. 4의 (나)의 유전자형은 Bb로 이형 접합성이다.

✕. (다)의 유전자는 상염색체에 있다.

04 상염색체 유전

응집원 A가 있는 아버지의 적혈구와 자녀 3의 혈청을 섞으면 응집 반응이 일어나지 않으므로 자녀 3의 ABO식 혈액형은 AB형이다. 자녀 2의 적혈구와 자녀 1의 혈청을 섞으면 응집 반응이 일어나므로 ABO식 혈액형은 자녀 2가 B형이고, 자녀 1은 O형이다.



✕. 자녀 2의 적혈구에는 응집원 B가 있고, 자녀 3의 혈청에는 응집소가 없다. 따라서 자녀 2의 적혈구와 자녀 3의 혈청을 섞으면 응집 반응이 일어나지 않는다.

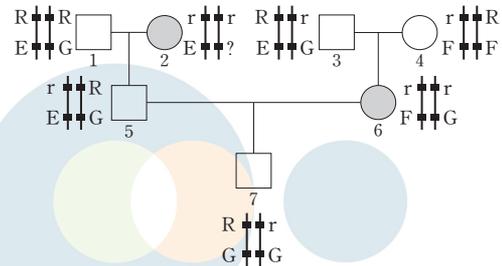
✕. 어머니의 (가)의 유전자형은 rr이므로 (가) 발현 여자이다. 따라서 ㉠은 '○'이다.

㉡. 자녀 3의 (가)의 유전자형은 Rr이므로 이형 접합성이다.

05 상염색체 유전

(가)의 표현형이 정상인 3과 4 사이에서 (가)가 발현된 여자 6이 태어났으므로 (가)는 상염색체 열성 형질이다. (나)의 표현형은 EE, EF, EG가 서로 같고, FF, FG가 서로 같으며, GG의 표현형까지 모두 3가지이다. 7의 유전자형이 동형 접합성이므로 만약 7의 유전자형이 EE라면 5와 6의 (나)의 표현형이 7과 같으므로 조건을 만족하지 못하며, 만약 7의 유전자형이 FF라면 5와 6 중 GG의 표현형을 가질 수 없으므로 조건을 만족하지 못한다. 따라서 7의 (나)의 유전자형은 GG이다. 또한 5와 6의 (나)의 유전자형은 이형 접합성이므로 5와 6은 각각 E와 F 중 어느 하나만을 갖는다. 따라서 5, 6, 7 각각의 체세포 1개당 E의 DNA 상대량의 합은 1이고, 1, 2, 3, 4 각각의 체세포 1개당 E의 DNA 상대

대량의 합은 3이다. 4의 (나)의 유전자형이 동형 접합성이므로 만약 4가 EE를 갖는다면 1, 2, 3 중 어느 하나에 E가 있게 되고 그러면 4와 같은 (나)의 표현형을 갖게 되므로 자료의 조건을 만족하지 못한다. 따라서 4는 E를 갖지 않으며 유전자형은 FF이다.



㉠. (가)의 표현형이 정상인 3과 4 사이에서 (가)가 발현된 여자 6이 태어났으므로 (가)는 상염색체 유전이다.

✕. 4의 (나)의 표현형은 FF의 표현형으로 EE인 사람의 표현형과 서로 다르다.

✕. (가)와 (나)에 대한 5의 유전자형은 RrEG이고, 6의 유전자형은 rrFG이다. 7의 동생이 태어날 때, 이 아이는 유전자형으로 rrEF, rrEG, RrFG, RrGG 중 하나를 갖는다. 3은 (가)의 표현형이 정상이고, (나)의 표현형은 EG의 표현형을 가지므로 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 3과 같을 확률은 0이다.

06 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉢ I에서 (가)의 표현형이 정상인 부모 사이에서 (가)가 발현된 딸이 태어났으므로 (가)는 상염색체 열성 형질이다. 따라서 ㉠은 1, ㉡은 1이다. II에서 (나)의 표현형이 정상인 부모 사이에서 (나)가 발현된 아들이 태어났으므로 (나)는 열성 형질이고, 아버지의 체세포 1개당 b의 DNA 상대량이 0이므로 (나)는 X 염색체 열성 형질이다. 따라서 ㉢은 1, ㉣은 1이다. $\frac{\text{㉢} + \text{㉣}}{\text{㉠} + \text{㉡}} = \frac{1 + 1}{1 + 1} = 1$ 이다.

07 상염색체 유전

P와 Q에서 A와 B는 같은 염색체에 있으므로 자녀의 (가)와 (나)의 표현형이 부모와 같을 확률은 $\frac{3}{4}$ 이고, (가)~(다)의 표현형이 P와 같을 확률은 $\frac{9}{16}$ 이므로 (다)의 표현형에서 특정 표현형이 나올 확률이 $\frac{3}{4}$ 이어야 하고, 조건을 만족하는 경우는 ㉠이 P, ㉡이 Q인 경우밖에 없다. S와 T에서 a와 B는 같은 염색체에 있으므로 자녀의 (가)와 (나)의 표현형이 부모와 같을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, (가)~(다)의 표현형이 T와 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이므로 (다)의 표현형에서 특정 표현형이 나올 확률이 $\frac{1}{2}$ 이어야 하고, 조건을 만족하는 경우는 ㉢이 S, ㉣이 T인 경우 밖에 없다. 따라서 ㉠은 P, ㉡은 S, ㉢은 T, ㉣은 Q이다.

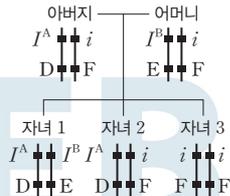
㉠. ㉠은 P이다.

✕. S의 (다)의 표현형은 EF의 표현형이고, T의 (다)의 표현형은 FF의 표현형이므로 서로 다르다.

㉡. 유전자형이 AaBbEF인 S와 유전자형이 AaBbFF인 T 사이에서 아이가 태어날 때, (가)와 (나)의 표현형은 최대 3가지이고, (다)의 표현형은 최대 2가지이므로 (가)~(다)의 유전자형은 AAAbbEF, AAbbFF, AaBbEF, AaBbFF, aaBBEF, aaBBFF이다. 그러므로 (가)~(다)의 표현형은 최대 6가지이다.

08 상염색체 유전

㉢ 자녀 1의 ABO식 혈액형이 AB형이므로 자녀 1은 아버지와 어머니로부터 (가)의 대립유전자를 하나씩 받는다. 자녀 1의 (가)의 표현형은 아버지와 같고, 어머니와 다르기 때문에 아버지는 DF의 표현형을, 어머니는 EF의 표현형을, 자녀 1은 DE의 표현형을 갖는다. 따라서 ㉠은 DD, DE, DF의 표현형을, ㉡은 EE, EF의 표현형을, ㉢은 FF의 표현형을 나타낸다.



(가)와 ABO식 혈액형에 대한 아버지의 유전자형은 $I^A i D F$ 이고, 어머니의 유전자형은 $I^B i E F$ 이다. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이는 유전자형으로 $I^A I^B D E$, $I^A i D F$, $I^B i E F$, $i i F F$ 중 하나를 갖는다. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이의 (가)와 ABO식 혈액형의 표현형이 모두 어머니와 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

09 다인자 유전

㉣와 ㉤의 유전자형이 AaBbDd인 남자 P와 ㉣와 ㉤의 유전자형이 AaB $\text{\textcircled{1}}$ Dd인 여자 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 표현형은 표와 같고, 음영은 ㉣와 ㉤의 표현형이 모두 P와 같은 경우이다.

1) 만약 ㉣이 B라면 아래 표와 같다.

P의 정자 Q의 난자	ABD	Abd	aBD	abd
ABD	4+DD	3+Dd	3+DD	2+Dd
ABd	4+Dd	3+dd	3+Dd	2+dd
aBD	3+DD	2+Dd	2+DD	1+Dd
aBd	3+Dd	2+dd	2+Dd	1+dd

2) 만약 ㉣이 b라면 아래 표와 같다.

P의 정자 Q의 난자	ABD	Abd	aBD	abd
ABD	4+DD	3+Dd	3+DD	2+Dd
ABd	3+Dd	2+dd	2+Dd	1+dd
aBD	3+DD	2+Dd	2+DD	1+Dd
abd	2+Dd	1+dd	1+Dd	0+dd

따라서 1)의 경우인 ㉣이 B인 경우에 ㉣의 ㉣와 ㉤의 표현형이 모두 P와 같을 확률이 $\frac{3}{16}$ 이 된다.

㉣. ㉣의 유전은 다인자 유전이다.

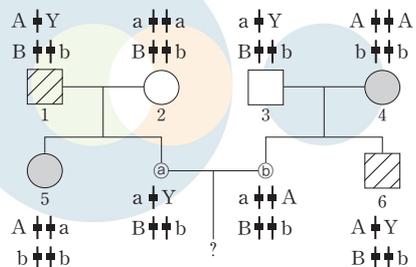
㉤. ㉤은 B이다.

㉥. P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉣와 ㉤의 표현형은 4+DD, 4+Dd, 3+DD, 3+Dd, 3+dd, 2+DD, 2+Dd, 2+dd, 1+Dd, 1+dd로 최대 10가지이다.

10 상염색체 유전과 성염색체 유전

(가)가 만약 X 염색체 열성 형질이거나 상염색체 열성 형질이라면 2의 (가)의 유전자형은 이형 접합성이 되어야 한다. 또한 상염색체 우성 형질이라면 6의 (가)의 유전자형은 이형 접합성이 되어야 한다. 하지만 자료의 2와 6은 A와 a 중 한 종류만 갖는다는 조건을 만족하지 못하기 때문에 (가)는 X 염색체 우성 형질이다. (나)가 발현되지 않은 1과 2로부터 (나)가 발현된 5가 태어났으므로 (나)는 열성 형질이다. 만약 X 염색체 열성 형질이라면 정상인 1에게서 (나)가 발현된 5가 태어날 수 없다. 따라서 (나)는 상염색체 열성 형질이다.

만약 ㉣가 여자라면 ㉣는 (가) 발현 여자이다. 자료의 조건에 ㉣의 (가)의 표현형이 정상이라고 했으므로 ㉣는 남자이고, ㉤는 여자이다. 또한 4는 (가) 발현 여자이고, A와 a 중 한 종류만 가지므로 4의 (가)의 유전자형은 $X^A X^A$ 이고, 3이 정상 남자이므로 ㉤의 (가)의 유전자형은 $X^A X^a$ 이고, ㉤는 (가) 발현 여자이다. (나)의 유전자형은 1이 Bb, 2가 Bb, 4가 bb이고 자료의 조건을 만족하기 위해서는 3은 Bb이어야 한다.



✕. 1~6 각각의 체세포 1개당 a의 DNA 상대량의 합은 4이다.

✕. 3의 (나)의 유전자형은 Bb로 이형 접합성이다.

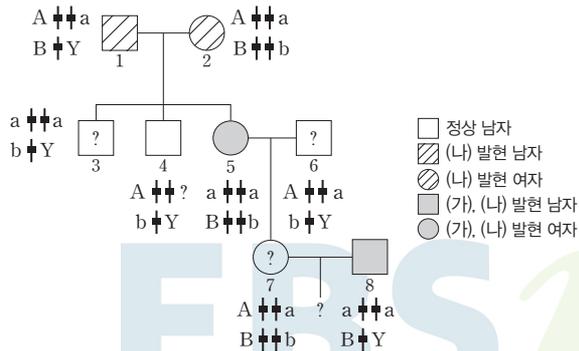
㉥. ㉣와 ㉤ 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이가 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 $X^a X^a$, $X^a Y$, $X^A X^a$, $X^A Y$ 이므로 (가)의 표현

형이 정상일 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, (나)의 유전자형은 BB, Bb, Bb, bb이므로 (나)의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{3}{4}$ 이다. 따라서 (가)와 (나)의 표현형이 모두 정상일 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

11 상염색체 유전과 성염색체 유전

(가)가 발현되지 않은 부모 사이에서 (가)가 발현된 5가 태어났으므로 (가)는 상염색체 열성 형질이고, (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 만약 (나)가 X 염색체 열성 형질이라면 (나)가 발현된 1과 2 사이에서 정상인 4가 태어날 수 없으므로 (나)는 X 염색체 우성 형질이다.

3과 6에서 체세포 1개당 A의 DNA 상대량의 합은 1이므로 6의 유전자형은 Aa 또는 aa이다. 만약 aa라면 7의 (가)의 유전자형이 aa가 되고, 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 표현형이 정상일 확률은 0이 된다. 따라서 6의 (가)의 유전자형은 Aa이고, 3은 aa가 된다. 또한 7과 8 사이에서 (가)의 표현형이 정상인 아이가 태어나기 위해서는 7의 (가)의 유전자형은 Aa이고, 7과 8 사이에서 (가)의 표현형이 정상인 아이가 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 그런데 7과 8 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 정상일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이므로 (나)의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이 되어야 하므로 7의 (나)의 유전자형은 $X^B X^b$ 이다. 3, 5, 6의 체세포 1개당 b의 DNA 상대량의 합은 3이므로 3의 (가)와 (나)의 유전자형은 $aaX^b Y$ 이고, 5는 $aaX^B X^b$ 이며, 6은 $AaX^b Y$ 가 된다.



- ㉠ (가)는 상염색체 열성 형질이므로 (가)의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㉡ (가)의 유전자형은 2는 Aa, 6은 Aa로 2와 6의 체세포에는 모두 A가 있다.
- ㉢ 7의 (나)의 유전자형은 $X^B X^b$ 이므로 이형 접합성이다.

12 다인자 유전

만약 3개의 대립유전자가 하나의 염색체에 존재한다면 생식세포

1개당 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 4, 3, 2, 1, 0이 가능하다. 이 경우 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 서로 다른 생식세포가 만들어질 수 있으므로 ㉠의 표현형은 2가지 이상이 된다. 따라서 2개의 대립유전자가 하나에 존재해야 한다. 만약 대문자로 표시되는 대립유전자 2개가 하나의 염색체에 존재한다면 ㉠의 표현형은 2가지 이상이 된다. 따라서 부모 모두에게서 하나의 염색체에 대문자로 표시되는 대립유전자가 1개씩만 있어야 한다.

표는 A와 b, a와 B, D와 e, d와 E가 각각 같은 염색체에 있다고 가정하고 자료의 내용을 정리한 것이다. 위 문자는 바뀌어도 하나의 염색체에 대문자로 표시되는 대립유전자가 1개씩만 들어가면 아래 표와 같은 결과가 나온다. 음영은 각각 유전자형이 ㉠과 같은 경우의 확률이다.

정자 난자	AbDe	AbdE	aBDe	aBdE
AbDe				$\frac{1}{16}$
AbdE			$\frac{1}{16}$	
aBDe		$\frac{1}{16}$		
aBdE	$\frac{1}{16}$			

㉠. ㉠의 아버지는 생식세포 형성 시 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 2인 생식세포만 형성할 수 있다.

㉡. 어머니는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4인 표현형이고, ㉠ 또한 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 4인 표현형이므로 ㉠과 어머니의 (가)의 표현형은 서로 같다.

㉢. ㉠의 유전자형과 같은 경우는 위의 표와 같으므로 ㉠의 (가)의 유전자형이 ㉠과 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

13 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉠의 경우 ㉠이 발현되지 않은 부모에게서 자녀 1이 태어났으므로 ㉠은 상염색체 열성 형질이거나 X 염색체 열성 형질이다. ㉡의 경우 ㉡이 발현되지 않은 부모에게서 자녀 2가 태어났으므로 X 염색체 열성 형질이 아니다. 따라서 ㉡은 상염색체 열성 형질이고, ㉠은 X 염색체 열성 형질이다. ㉠ 미발현 대립유전자를 E, ㉠ 발현 대립유전자를 e라고 가정했을 때, ㉠의 유전자형은 아버지는 $X^E Y$, 어머니는 $X^E X^e$ 이다. 따라서 ㉠이 발현된 자녀가 태어날 수 있는 경우는 $X^e Y$ 밖에 없으므로 자녀 3은 남자이다. ㉠이 X 염색체 열성 형질이고, ㉡이 상염색체 열성 형질이므로 ㉡의 유전자는 X 염색체에 있다는 것을 조건을 통해 알 수 있다. ㉢의 경우 자녀 2가 ㉢이 발현되었는데 아버지가 발현되지 않았으므로 X 염색체 열성 형질이 아니다. 따라서 ㉢은 X 염색체 우성 형질이라는 것을 알 수 있다.

자료의 조건에서 (다)의 유전자는 상염색체에 있다고 했으므로 ㉠은 (다)이다. 아버지의 체세포에는 a가 있다는 조건을 살펴보면 아버지의 경우 ㉠과 ㉡이 모두 발현되지 않았으며 ㉠은 X 염색체 열성 형질이고, ㉡은 X 염색체 우성 형질이다. 따라서 아버지는 ㉠의 유전자는 우성 유전자를, ㉡의 유전자는 열성 유전자를 가지므로 ㉢은 (가)이고, ㉣은 (나)이다.

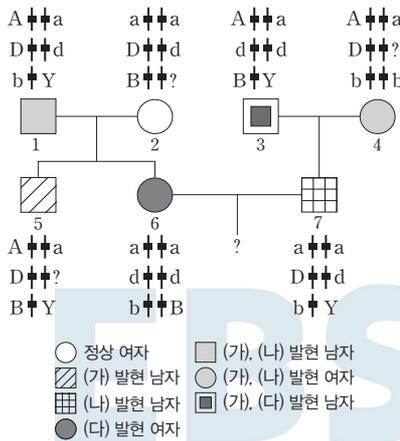
㉤. 자녀 3의 성별은 남자이다.

㉥. ㉠은 (나)이다.

✕. 부모에게서 자녀 3의 동생이 태어날 때, (다)가 발현되지 않을 확률은 $\frac{3}{4}$ 이고, (가)와 (나)가 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이므로 (가)~(다)의 표현형이 모두 아버지와 같을 확률은 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

14 상염색체 유전과 성염색체 유전

㉢ (가)가 발현된 3과 4 사이에서 (가)가 발현되지 않은 7이 태어났으므로 (가)는 우성 형질이다. 만약 X 염색체 우성 형질이라면 (가)가 발현되지 않은 2에게서 (가)가 발현된 5가 태어날 수 없다. 따라서 (가)는 상염색체 우성 형질이다. (다)가 발현되지 않은 부모에게서 (다)가 발현된 6이 태어났으므로 (다)는 열성 형질이다. 만약 X 염색체 열성 형질이라면 1에게서 6이 태어날 수 없으므로 모순이다. 따라서 (다)는 상염색체 열성 형질이다. 자료의 조건에 의해 (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. 만약 (나)가 X 염색체 우성 형질이라면 (나)가 발현된 1에게서 (나)가 발현되지 않은 6이 태어날 수 없다. 따라서 (나)는 X 염색체 열성 형질이다.



6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)의 표현형이 정상일 확률은 1이고, (나)의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{1}{2}$ 이며, (다)의 표현형이 정상일 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 (가)~(다)의 표현형이 모두 정상일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

10 사람의 유전병

수능 2점 테스트

본문 153~157쪽

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

01 유전병

사람의 유전병은 유전자 이상에 의한 유전자 돌연변이와 염색체 이상에 의한 염색체 돌연변이가 있다.

㉠. 염색체 돌연변이에는 구조 이상과 수 이상이 있으므로 B는 염색체 돌연변이이고, A는 유전자 돌연변이이다.

✕. ㉠(구조 이상)에는 염색체 일부의 결실, 역위, 중복, 전좌가 있다. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈(Hb) 유전자를 구성하는 DNA에 염기 서열 변화가 일어나 나타난 것으로 유전자 돌연변이에 의한 유전병의 예이다.

㉡. ㉡(수 이상)의 원인으로는 염색체 비분리가 있다.

02 유전자 돌연변이

정상인의 헤모글로빈(Hb) 단백질의 아미노산 배열 순서 중 글루탐산이 발린으로 바뀌면 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자의 헤모글로빈(Hb) 단백질의 아미노산 배열 순서가 된다.

㉠. ㉠(정상인)과 ㉡(낫 모양 적혈구 빈혈증 환자)의 헤모글로빈(Hb) 단백질의 아미노산 배열 순서가 다르므로 헤모글로빈(Hb) 유전자의 DNA 염기 배열 순서도 다르다.

✕. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 상염색체에 있는 유전자 돌연변이에 의한 유전병으로 남자와 여자 모두에서 나타난다.

✕. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이에 의한 유전병에 해당한다.

03 유전병

(가)는 유전자 돌연변이, (나)는 염색체 구조 이상, (다)는 염색체 수 이상이다.

㉠. 알비노증은 멜라닌 합성 효소의 유전자에 돌연변이가 생겨 멜라닌 색소를 만들지 못해 눈, 피부, 머리카락 등에 멜라닌 색소가 결핍되는 유전병으로 (가)는 유전자 돌연변이이다.

㉡. 고양이 울음 증후군은 5번 염색체의 특정 부분이 결실되어 나타나는 유전병이므로 남자와 여자 모두에서 나타날 수 있고, (나)는 염색체 구조 이상이다. 나머지 (다)는 염색체 수 이상이다.

㉢. 클라인펠터 증후군은 성염색체 구성으로 XXY를 갖는 염색체 수 이상에 의한 유전병의 예이다. 따라서 클라인펠터 증후군은

염색체 수 이상(다)에 의한 유전병 ㉠에 해당한다.

04 염색체 돌연변이

아버지의 유전자형은 X^HY , 어머니의 유전자형은 X^HX^H , 딸의 유전자형은 X^HX^H 이다. ㉠에는 성염색체 X^HX^H 가 있고, ㉡에는 성염색체가 없다.

㉠. 정상인 부모 사이에서 (가)가 발현된 딸이 태어났으므로 정상은 우성 형질, (가)는 열성 형질이다.

㉡. ㉡의 염색체 수는 22이다.

㉢. 유전자형으로 X^HX^H 를 갖는 어머니로부터 X^HX^H 를 갖는 남자(㉢)가 형성되기 위해서는 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나야 한다.

05 핵형 분석

(가)는 유전병을 갖는 사람 Q의 핵형 분석 결과이고, (나)는 정상인 P의 핵형 분석 결과이다.

㉣. (가)에서 21번 염색체가 3개이므로 (가)는 유전병을 갖는 Q의 핵형 분석 결과이고, (나)는 정상인 P의 핵형 분석 결과이다.

㉤. (가)에서 Q는 체세포 1개당 21번 염색체를 3개 가지고 있으므로 Q는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

㉥. Q는 성염색체로 XX를 갖는 여성이고, P는 성염색체로 XY를 갖는 남성이다.

06 염색체 돌연변이

적록 색맹은 성염색체 유전을 따르는 열성 형질이다. 정상 대립 유전자를 R, 적록 색맹 대립유전자를 r라 하면, 1의 유전자형은 X^RY , 2의 유전자형은 X^RX^r , 3의 유전자형은 X^rX^rY 이다. ㉦는 X^r 를 갖고, ㉧는 X^rY 를 갖는다.

㉨. ㉦에는 상염색체 22개와 X 염색체 1개가 있다.

㉩. ㉧는 X^rY 를 가지므로 ㉧의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.

㉪. 3은 유전자형으로 X^rX^rY 를 갖고, 1과 2로부터 X^r 를 각각 1개씩 물려받은 것이다.

07 염색체 돌연변이

정자 형성 과정 중 염색체 비분리가 일어났고, A에는 Y 염색체가 있으며, B에는 성염색체가 없다.

㉫. A에는 성염색체 중 크기가 상대적으로 작은 Y 염색체가 있다.

㉬. 생성된 정자에서 염색체 수가 정상인 정자와 비정상인 정자가 모두 있으므로 감수 2분열 과정에서 염색체 비분리가 일어났다.

㉭. B는 성염색체를 갖지 않으므로 B와 정상 남자가 수정되어 태어난 아이는 체세포에 X 염색체 1개만을 갖는 터너 증후군의 염색체 이상을 보인다.

08 염색체 돌연변이

염색체 돌연변이에는 염색체 구조 이상과 염색체 수 이상이 있다.

㉮. 감수 분열 중 염색체 비분리가 일어나면 염색체 수가 비정상인 생식세포가 형성될 수 있다.

㉯. 염색체 일부가 떨어져 없어진 것은 염색체 구조 이상 중 결실에 해당한다.

㉺. 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 갖는 사람은 성염색체로 XXY를 갖는다.

09 염색체 구조 이상

(가)는 정상 세포, (나)는 전좌가 일어난 세포, (다)는 결실이 일어난 세포이다.

㉻. I의 세포 (가)와 III의 세포 (다)에서 성염색체 XY가 있으므로 I과 III은 수컷이고, II의 세포 (나)에서 성염색체 XX가 있으므로 II는 암컷이다.

㉼. (나)에서 a와 B는 전좌가 일어나 같은 염색체에 있다.

㉽. (가)는 정상 세포이고, (다)에는 A 또는 a가 있던 상염색체에서 결실이 일어난 염색체가 있다. 따라서 (가)와 (다) 중 구조 이상이 일어난 세포는 (다)이다. 정상 세포(가)와 구조 이상이 일어난 세포(다)에서 상염색체 수는 같다.

10 염색체 비분리

㉾~㉽ 중 염색체 수가 23으로 정상인 생식세포 ㉾이 있으므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다. I에서 B와 C가 형성될 때 염색체 비분리가 일어나야 염색체 수가 각각 22와 24인 생식세포가 형성될 수 있으므로 B와 C는 각각 ㉿과 ㉽ 중 하나이고, A는 ㉾이다.

㉿. A는 ㉾이고, B와 C는 각각 ㉿과 ㉽ 중 하나이다.

㉽. I에는 Y 염색체가 있으므로 B와 C 중 하나는 Y 염색체를 갖는다. 정자 형성 과정 중 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어났고, ㉿의 염색체 수는 24이므로 ㉽에는 Y 염색체가 2개 있다.

㉾. 이 남자의 정자 중 염색체 수가 정상인 세포와 비정상인 세포가 모두 있으므로 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어났다.

11 염색체 돌연변이

다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 여자는 체세포 1개당 상염색체 45개와 X 염색체 2개를 가지므로 (다)가 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 여자이고, ㉿은 Y 염색체, ㉽은 X 염색체이다.

㉽. ㉿은 Y 염색체이다.

㉿. (가)는 체세포 1개당 X 염색체(㉿) 1개를 갖는 터너 증후군의 염색체 수 이상을 갖는다. (가)는 성염색체 비분리로 성염색체를 갖지 않는 생식세포가 X 염색체를 갖는 생식세포와 수정되어 태어났다.

㉔. (나)는 체세포 1개당 Y 염색체(㉑)의 수가 1이고, X 염색체(㉒)의 수가 2이므로 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.

12 염색체 비분리

(가)가 발현된 아버지와 어머니로부터 정상인 자녀 1이 태어났으므로 (가)는 우성 형질이다. 어머니와 자녀 1은 A*를 1만큼 갖지만 (가)의 표현형이 다르므로 (가)는 성염색체 유전을 따르는 유전 형질이고, A는 (가) 발현 대립유전자, A*는 정상 대립유전자이다.

구성원	성별	(가)	유전자형
아버지	남	○	X ^A Y
어머니	여	○	X ^A X ^{A*}
자녀 1	남	×	X ^{A*} Y
자녀 2	?(여)	㉔(×)	X ^{A*} X ^{A*}

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

㉑은 성염색체로 XX를 갖고, ㉒은 성염색체를 갖지 않는다.

㉔. ㉔는 '×'이다.

㉑. (가)는 우성 형질, 정상은 열성 형질이다.

✕. 자녀 2는 성염색체로 X^{A*}X^{A*}를 갖는 남자 ㉑과 성염색체를 갖지 않는 정자 ㉒의 수정으로 태어났다. X^AX^{A*}를 갖는 어머니로부터 X^{A*}X^{A*}를 갖는 생식세포가 형성되기 위해서는 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나야 한다. ㉑의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

13 염색체 돌연변이

어머니는 유전자형으로 BD를 갖고 ㉑이 발현되었으므로 B는 ㉑ 발현 대립유전자이다. 자녀 1은 유전자형으로 AD를 갖고 ㉑이 발현되었으므로 A는 ㉑ 발현 대립유전자이다. 아버지가 유전자형으로 BB를 갖는다면 ㉑이 발현되어야 하지만 ㉑이 발현되었으므로 아버지는 유전자형으로 AB를 갖는다. A가 B에 대해 완전 우성이면 아버지의 표현형이 ㉑이어야 하지만 ㉑이 아니므로 A와 B의 우열 관계는 분명하지 않다. A, B, D의 우열 관계는 A=B>D이다. 자녀 2는 표현형이 ㉑이고, D를 갖지 않으므로 자녀 2의 (가)의 유전자형은 AB가 아닌 BB이다.

구분	표현형	대립유전자			유전자형
		A	B	D	
아버지	㉑	?(○)	○	×	AB
어머니	㉑	×	○	○	BD
자녀 1	㉑	○	×	○	AD
자녀 2	㉑	?(×)	○	×	BB
자녀 3	㉑	×	?(×)	○	DD

(○: 있음, ×: 없음)

유전자형으로 AB를 갖는 아버지로부터 D를 갖는 정자가 형성되어야 유전자형으로 DD를 갖는 자녀 3이 태어나므로 ㉔는 B, ㉕

는 D이다.

㉑. ㉔는 B, ㉕는 D이다.

✕. 아버지는 A를 갖지만, 자녀 2는 A를 갖지 않는다.

✕. 유전자형이 AB인 사람의 (가)의 표현형은 ㉑이다.

14 염색체 비분리

㉑에는 A와 B가 없고, ㉒에는 A와 B가 모두 있으며, A+B의 값이 ㉑과 ㉒에서 서로 다르므로 이 사람은 유전자형으로 AaBb를 갖는다. A+B의 값이 ㉑과 ㉒에서 다르므로 정자 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

㉑. ㉑에는 a, b가 있고, ㉒에는 A, A, B 또는 A, B, B가 있으며, ㉓에는 B 또는 A가 있다.

✕. II의 염색체 수는 ㉑과 ㉒의 염색체 수를 더한 값의 절반이다.

✕. ㉑~㉒의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

15 염색체 비분리

(가)에 대해 정상인 3과 4로부터 (가)가 발현된 5가 태어났으므로 (가)는 열성 형질이고, (나)에 대해 정상인 1과 2로부터 (나)가 발현된 3이 태어났으므로 (나)는 열성 형질이다. (가)에 대한 정상 대립유전자를 A, (가) 발현 대립유전자를 a라 하면, 5는 4로부터 X^a를 물려받아 정상이어야 하지만 (가)가 발현되었으므로 ㉔에는 성염색체가 없고, 3으로부터 X^a를 1개 물려받았다.

✕. ㉔에는 상염색체 22개가 있지만, 성염색체는 없다.

㉑. (가)와 (나)는 모두 열성 형질이다.

✕. 5는 체세포 1개당 X 염색체 1개를 가지므로 터너 증후군의 염색체 이상을 보인다.

16 염색체 돌연변이

I과 II는 중기의 세포이므로 대립유전자의 DNA 상대량으로 0 또는 짝수를 갖는다. 따라서 ㉑과 ㉓은 각각 I과 II 중 하나이다. I의 핵상은 2n, II의 핵상은 n이므로 I은 ㉑, II는 ㉓이다. III은 II의 딸세포이므로 III이 가진 대립유전자는 II에도 존재한다. 따라서 III은 ㉑이다. 나머지 ㉒은 IV이다.

세포	유전자 구성	DNA 상대량		
		A	b	d
㉑(I)	AAaaBBbbDDdd	2	2	2
㉒(III)	AABd	2	0	1
㉓(IV)	abD	0	1	0
㉔(II)	AABBdd	2	0	2

㉑. ㉑은 I, ㉒은 III, ㉓은 IV, ㉔은 II이다.

✕. ㉔(II)로부터 ㉒(III)이 생성되었으므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

✕. ㉑(I)의 염색체 수는 46이다.

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

01 핵형 분석

핵형 분석을 통해 염색체의 수, 모양, 크기 등을 확인할 수 있다.

✕. 핵형 분석을 위해 세포 분열을 중지시키는 물질은 세포 주기 중 염색체가 가장 잘 관찰되는 분열기에 세포 분열을 중지시키는 물질을 사용한다.

㉠. A와 B는 모두 성염색체로 Y 염색체를 갖지 않으므로 모두 여자이다.

㉡. 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람은 21번 염색체가 3개이므로 A는 다운 증후군의 염색체 이상을 보이는 사람이다.

02 유전자 돌연변이

(가)는 낫 모양 적혈구 빈혈증이 나타나는 사람에서의 적혈구 형성 과정이고, (나)는 정상인에서의 적혈구 형성 과정이다.

㉠. ㉠은 낫 모양 적혈구이므로 (가)는 낫 모양 적혈구 빈혈증이 나타나는 사람에서의 적혈구 형성 과정이다.

㉡. 정상 헤모글로빈이 있는 ㉡은 정상 적혈구이다.

✕. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이에 의해 나타난다.

03 염색체 비분리

㉠과 ㉡에는 모두 X 염색체가 있으므로 B에는 X 염색체가 있고, B로부터 ㉠과 ㉡이 형성될 때 성염색체 비분리는 일어나지 않았다. 과정 I에서 21번 염색체의 비분리가 일어나 B가 형성되고, B로부터 감수 2분열은 정상적으로 일어나 염색체 수가 각각 24인 ㉠과 ㉡이 형성되었으므로 B에는 21번 염색체가 2개 있다. ㉠과 ㉡이 형성될 때 성염색체 비분리가 일어났고, ㉠의 염색체 수가 ㉡의 염색체 수보다 크므로 ㉠에는 Y 염색체가 2개 있고, ㉡에는 성염색체가 없다.

㉠. A와 B에는 모두 21번 염색체가 2개 있다.

㉡. ㉡에는 상염색체가 21개, Y 염색체가 2개 있다.

㉢. ㉠에는 21번 염색체 2개와 X 염색체 1개가 있다. ㉠과 정상 난자의 수정으로 태어난 아이는 21번 염색체를 3개 갖는 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

04 염색체 비분리

I~IV 중 3개의 세포는 핵상이 $2n$ 이고, 나머지 1개의 세포는 핵상이 n 이다. 아버지의 G_1 기 세포는 핵상이 $2n$ 이다. II에서 a의 DNA 상대량이 2이고, b의 DNA 상대량이 1이므로 B의 DNA 상대량은 1이다. II에 B와 b가 모두 존재하므로 II의 핵

상은 $2n$ 이고, II가 아버지의 G_1 기 세포이다. 아버지는 유전자형으로 $aaBb$ 를 갖는다. 자녀 1의 감수 2분열 중기 세포는 핵상이 n 이므로 IV가 자녀 1의 감수 2분열 중기의 세포이고 유전자 구성은 $aabb$ 이다. I이 어머니의 감수 1분열 중기 세포라면, III은 자녀 1의 체세포 분열 중기의 세포이다. 이 경우 어머니는 유전자형으로 aa 를 갖고, 자녀 1은 유전자형으로 AA 를 가져 모순이 생긴다. 따라서 I이 자녀 1의 체세포 분열 중기 세포이고, III이 어머니의 감수 1분열 중기 세포이다.

세포	유전자 구성	세포 1개당 DNA 상대량			
		A	a	B	b
I (자녀 1의 체세포 분열 중기 세포)	aaaaBBbb	②(0)	4	2	2
II (아버지의 G_1 기 세포)	aaBb	0	2	①(1)	1
III (어머니의 감수 1분열 중기 세포)	AAAABbbb	4	0	2	2
IV (자녀 1의 감수 2분열 중기 세포)	aabb	?(0)	2	0	2

㉠. 정자 ㉠에는 (가)의 대립유전자로 a가 있고, 난자 ㉡에는 (가)의 대립유전자가 없다.

✕. ㉠+㉡=0+1=1이다.

㉢. III은 어머니의 감수 1분열 중기 세포이다.

05 염색체 비분리

자녀 2는 A를 갖지 않으므로 자녀 2의 유전자형은 $aaBb$ 이고, 아버지와 어머니는 모두 a를 갖는다.

구성원	유전자형	대립유전자			대문자로 표시되는 대립유전자의 수
		A	a	B	
아버지	AaBB	○	?(○)	○	3
어머니	AaBb	○	③(○)	○	2
자녀 1	AABBB 또는 AAABB	○	×	?(○)	5
자녀 2	aaBb	×	○	?(○)	1

(○: 있음, ×: 없음)

㉠. ㉠은 '○'이다.

㉡. 아버지의 (가)의 유전자형은 $AaBB$ 이다.

㉢. 자녀 1은 아버지로부터 A와 B를 물려받았고, 어머니로부터 AAB 또는 ABB를 물려받았다. 유전자형으로 $AaBb$ 를 갖는 어머니로부터 AA 또는 BB를 물려받기 위해서는 ㉠이 형성될 때 감수 2분열에서 염색체 비분리가 일어나야 한다.

06 염색체 비분리

(다)와 (마)는 염색체 수가 4이므로 (다)와 (마)는 모두 염색체 비분리가 일어나 형성된 세포이다. (가)~(마) 중 (다)에는 나머지 4개의 세포와는 다른 색과 크기의 염색체가 있으므로 (다)는 (가),

(나), (라), (마)와 다른 종의 세포이고, (가), (나), (라), (마)는 같은 종의 세포이다. (가)는 핵상과 염색체 수가 $2n=6$ 이고, ⑥가 1개 있으므로 ⑥는 성염색체이고, ③는 상염색체이다. (나)에서 ⑥(성염색체)가 2개 있으므로 ⑥는 X 염색체이고 (가), (라), (마)에서 크기가 작은 검은색 염색체는 Y 염색체이다. (마)는 핵상이 n 이지만 X 염색체(⑥)와 Y 염색체를 모두 가지므로 I의 세포이고, (다)는 II의 세포이다. (나)는 성염색체로 XX를 갖는 암컷 III의 세포이다.

㉠. (가), (라), (마)는 수컷인 I의 세포이고, (다)는 암컷인 II의 세포이며, (나)는 암컷인 III의 세포이다.

㉡. II는 성염색체로 XX를 갖는 암컷이다.

㉢. (나)를 갖는 개체와 (다)를 갖는 개체는 서로 다른 종으로 핵형도 다르다.

07 염색체 돌연변이

(나)는 전좌가, (다)는 염색체 비분리가, (라)는 중복이 일어나 형성된 생식세포이다.

㉠. (나)는 상동 염색체 쌍이 없으므로 핵상은 n 이다.

㉡. (가)에는 E, F, G가 있는 염색체와 E, F, g가 있는 염색체가 있고, (다)에는 E, F, G가 있는 염색체와 E, F, g가 있는 염색체가 1개씩 있으므로 (다)는 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성되었음을 알 수 있다.

㉢. (라)에는 G가 2개 있는 염색체가 있는데, 이 염색체는 염색체 구조 이상 중 중복이 일어난 염색체에 해당한다.

08 돌연변이

표의 6을 통해 유전자형 EE의 표현형은 ㉡임을 알 수 있다. 1~7의 (가)의 유전자형은 서로 다르고, 6을 제외한 나머지 구성원의 유전자형은 이형 접합성이므로, 6명 중 3명은 A가 발현된 표현형을 나타내고, 2명은 B가 발현된 표현형을 나타내며, 1명은 D가 발현된 표현형을 나타낸다. 1~7 중 ㉠의 표현형을 갖는 사람은 1, 3, 7로 3명이므로 이들의 표현형은 모두 [A](㉠)이고, 7의 유전자형은 AE이다. 1~7 중 ㉡의 표현형을 갖는 사람은 2, 5로 2명이므로 이들의 표현형은 모두 [B](㉡)이다. 나머지 4의 표현형은 [D](㉢)임을 알 수 있다.

구성원	(가)의 표현형	유전자형	E의 DNA 상대량
1	㉠	AD	0
2	㉡	BE	1
3	㉢	AB	0
4	㉣	DE	1
5	㉤	BD	0
6	㉥	EE	2
7	㉦	AE	1

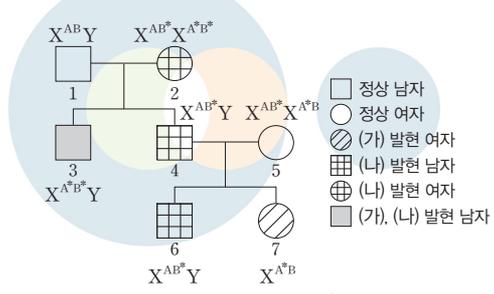
㉠. 1의 (가)의 유전자형은 AD이다.

㉡. ②는 B이고, ④는 A이다. 유전자형으로 ②④(BA)를 갖는 사람의 (가)의 표현형은 ㉣([A])이다.

㉢. 2는 (가)의 유전자형이 BE이고, 5는 (가)의 유전자형이 BD이므로 2와 5는 모두 B를 갖는다.

09 염색체 비분리

(가)에 대해 정상인 1과 2로부터 (가)가 발현된 남자 3이 태어났으므로 정상은 우성 형질, (가)는 열성 형질이다. 표에서 3은 A+B의 값이 0이므로 3은 A^* 를 가지고 (가)가 발현되었으므로 A는 정상 대립유전자, A^* 는 (가) 발현 대립유전자이고, A는 A^* 에 대해 완전 우성이다. 1은 (가)의 유전자형으로 $X^A Y$ 를 갖고, A+B의 값이 2이므로 1의 (가)와 (나)의 유전자형은 $X^{AB} Y$ 이다. 1은 (나)에 대해 정상이므로 B는 정상 대립유전자, B^* 는 (나) 발현 대립유전자이다. 남자인 자녀 6은 (나)가 발현되었으므로 B^* 를 갖고, 6의 어머니인 5도 B^* 를 갖는다. 따라서 5는 (나)에 대해 정상이고 B^* 를 가지므로 5의 (나)의 유전자형은 $X^{B^*} X^{B^*}$ 이다. B는 B^* 에 대해 완전 우성이다.



㉠. 4는 (가)와 (나)의 유전자형이 $X^{AB} Y$ 이므로 4의 ㉣(A+B)은 1이다.

㉢. 2의 (가)의 유전자형은 이형 접합성이지만 (나)의 유전자형은 동형 접합성이다.

㉤. 7은 성염색체 구성으로 X 염색체 1개를 가지므로 터너 증후군의 염색체 이상을 보인다.

10 염색체 비분리

(가)의 유전자가 상염색체에 있다면 아버지와 어머니는 각각 A와 A^* 중 한 가지만 가지므로 자녀 1과 자녀 2의 표현형이 같아야 하지만 다르므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 자녀 1은 유전자형으로 $X^A X^A$ 를 갖고 (가)가 발현되었으므로 (가)는 우성 형질이다. 아버지의 (가)의 유전자형은 $X^{A^*} Y$ 이고, (가)가 발현되었으므로 A^* 는 우성인 (가) 발현 대립유전자, A는 열성인 정상 대립유전자이다. 어머니는 유전자형으로 $X^A X^A$ 를 갖고 A의 DNA 상대량이 2이므로 자녀 3의 성염색체 구성은 XXY이다.

구분	아버지	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3
성별	남	여	여	남	남
(가)의 발현 여부	○	×	○	×	?(×)
유전자형	$X^{A*}Y$	X^AX^A	X^AX^{A*}	X^AY	X^AX^AY
A의 DNA 상대량	0	@(2)	1	1	2

(○: 발현됨, ×: 발현안 됨)

- ㉠ A*는 A에 대해 완전 우성이다.
 ✕. ㉡는 2이다.
 ㉢. 자녀 3의 성염색체 구성은 XXY이므로 자녀 3은 클라인펠터 증후군의 염색체 이상을 보인다.

11 생태계의 구성과 기능

수능 2점 테스트

본문 172~174쪽

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

01 생태계의 구성

- A는 생산자, B는 소비자, C는 분해자이다.
 ✕. A에서 B와 C로 물질이 이동하므로 A는 생산자이다. C는 A와 B로부터 물질을 받을 수 있으므로 C는 분해자이다. 나머지 B는 소비자이다. 소나무는 생산자로 A에 해당한다.
 ㉠. 생산자(A)는 광합성과 같은 물질대사를 통해 무기물로부터 유기물을 합성할 수 있다.
 ㉡. 빛의 파장이라는 비생물적 요인에 의해 생물적 요인에 해당하는 해조류의 분포가 달라지는 것은 ㉠에 해당한다.

02 생태계의 구성

- ㉡는 비생물적 요인, ㉢는 생물적 요인이다.
 ㉠. I의 예에서 지렁이는 생물적 요인에 해당하고, 토양의 통기성은 비생물적 요인에 해당하므로 ㉡는 생물적 요인, ㉢는 비생물적 요인이다.
 ㉣. 일조 시간은 비생물적 요인(㉡)에 해당한다.
 ㉤. (가)는 생물적 요인(㉢) 사이에 서로 영향을 주고받는 상호 관계의 예이다. 왜가리와 개구리는 모두 생물적 요인에 해당하므로 왜가리가 개구리를 잡아먹는 것은 (가)에 해당한다.

03 비생물적 요인이 생물적 요인에 미치는 영향

- (가)는 사막여우, (나)는 북극여우이고, ㉠은 ㉡보다 크다.
 ㉠. 더운 지역에 사는 여우일수록 체온 유지를 위해 신체 말단부가 크고 길어진다. 따라서 (가)는 사막여우이고, (나)는 북극여우이다.
 ㉢. 사막의 평균 기온은 북극의 평균 기온보다 높으므로 ㉠은 ㉡보다 크다.
 ㉤. (가)와 (나)의 외형 차이는 온도라는 비생물적 요인이 여우의 외형이라는 생물적 요인에 영향을 미치는 예에 해당한다.

04 군집의 구성

- A의 개체 수는 (가)에서 20, (나)에서 40이고, A의 밀도는 (가)와 (나)에서 같으므로 (가)의 면적을 S라 하면, (나)의 면적은 2S이다. B의 개체 수는 (나)에서 10, (다)에서 20이고, B의 밀도는 (나)와 (다)에서 같으므로 (다)의 면적은 4S이다.

- 식물 종의 수는 (가)와 (다)에서 4로 같다.
- ✕ B의 상대 밀도는 (나)에서 10%, (다)에서 20%로 같지 않다.
- (가)의 면적을 S라 하면, (나)의 면적은 2S, (다)의 면적은 4S이다. 따라서 (다)의 면적은 (가)의 면적의 4배이다.

05 개체군 내의 상호 작용

A는 리더제, B는 가족생활, C는 순위제이다.

- A는 개체군 내의 상호 작용에 해당하는 리더제이다.
- B는 혈연관계의 개체들이 모여 생활하는 가족생활이다.
- ✕ C는 순위제이다. '기러기가 집단으로 이동할 때 리더를 따라 이동한다.'는 리더제(A)에 해당한다.

06 개체군의 생존 곡선

○의 예로는 굴, 어류가 있고, ○의 생존 곡선은 Ⅲ형에 해당한다.

○ ○은 초기 사망률이 높고, 후기 사망률이 낮으므로 ○의 생존 곡선은 Ⅲ형에 해당한다.

✕ Ⅱ형 생존 곡선에서 사망률은 시간에 따라 비교적 일정하다. A 시기의 초기 생존 개체 수는 B 시기의 초기 생존 개체 수보다 크므로 A 시기 동안 사망한 개체 수는 B 시기 동안 사망한 개체 수보다 크다.

○ A 시기 동안 생존 개체 수 감소량이 I 형에서 Ⅲ형에서보다 크므로 A 시기 동안 사망률은 I형을 나타내는 개체군에서 Ⅲ형을 나타내는 개체군에서보다 높다.

07 개체군의 성장 곡선

A는 이론적 성장 곡선이고, B는 실제 성장 곡선이다.

✕ A는 개체 수가 기하급수적으로 증가하므로 환경 저항이 작용하지 않는 이론적 성장 곡선이다. B는 실제 성장 곡선이다.

✕ 실제 성장 곡선(B)에서 환경 저항은 개체 수가 증가할수록 증가하므로 B에서의 환경 저항은 구간 I에서 구간 II에서보다 작다.

○ 구간 I에서 개체 수 증가율은 A에서 B에서보다 높으므로 출생한 개체 수 / 사망한 개체 수 는 A에서 B에서보다 크다.

08 개체군의 성장 곡선

A의 서식지 면적을 S라 하면, B의 서식지 면적은 2S이다.

○ 구간 I에서 그래프의 기울기는 A에서 B에서보다 크므로 구간 I에서 증가한 개체 수는 A에서 B에서보다 많다.

✕ 개체군 밀도 = $\frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}}{\text{개체군이 서식하는 공간의 면적}}$ 이다. t_1 일 때

A의 개체군 밀도는 t_2 일 때 B의 개체군 밀도의 2배이므로 A의 서식지 면적을 S라 하면, B의 서식지 면적은 2S이다. ○의 면적

은 ○의 면적의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

✕ A와 B는 모두 실제 성장 곡선을 따르고 환경 저항은 항상 작용한다.

09 방형구

지역	개체 수				합계
	A	B	C	D	
(가)	2	4	4	0	10
(나)	3	3	8	2	16

✕ 식물의 종 수는 (가)에서 3, (나)에서 4로 서로 다르다.

✕ (나)에서 A와 D의 개체 수가 다르므로 밀도도 서로 다르다.

○ (가)에서 B의 상대 밀도는 $\frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$ 이고, (나)에서

C의 상대 밀도는 $\frac{8}{16} \times 100\% = 50\%$ 이다.

10 군집의 천이

1차 천이 과정 중 습성 천이 과정은 빈영양호 → 부영양호 → 습원 → 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림의 단계를 거친다.

○ 천이 과정 중 빈영양호 단계가 있으므로 습성 천이가 일어났다.

○ A는 관목림, B는 초원, C는 혼합림, D는 빈영양호이다. 관목림(B) 이후에 양수가 우점종인 양수림 단계가 있다.

○ A~D를 시간 순서대로 나열하면 빈영양호(D) → 초원(B) → 관목림(A) → 혼합림(C)이다.

11 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

A는 중간 경쟁, B는 상리 공생, C는 포식과 피식 또는 기생이다.

○ B의 관계인 흰둥가리와 말미잘은 상리 공생 관계이므로 ○은 이익, ○은 손해이다.

✕ 상리 공생 관계의 두 종은 모두 이익을 얻으므로 상리 공생은 B에 해당한다.

✕ C의 관계인 두 종에서 한 종은 이익을, 한 종은 손해를 입는다. 따라서 포식과 피식, 기생이 C에 해당한다. 같은 서식 공간에서 애기झ신벌레(아우렐리아)와 झ신벌레(카우다툼)는 먹이와 공간을 두고 경쟁하므로 중간 경쟁(A)이 일어난다.

12 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

A와 B 사이의 상호 작용은 상리 공생이다.

○ (가)에서 A의 성장 곡선은 S자형으로 나타나므로 실제 성장 곡선을 따른다.

✕ 구간 I에서 A와 B는 개체 수가 모두 0이 아니므로 경쟁 배

타가 일어났다고 할 수 없다.

㉠ 최대 개체 수는 A와 B를 각각 단독 배양했을 때보다 A와 B를 혼합 배양했을 때 증가했으므로 A와 B 사이의 상호 작용은 상리 공생이다.

수능 3점 테스트

본문 175~179쪽

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

01 생태계의 구성

개체군은 같은 종으로 구성되고, 물고기는 살 수 있는 수온의 범위가 종에 따라 다를 수 있다.

- ㉠ 개체군 I과 II는 각각 서로 다른 하나의 종으로 구성된다.
- ㉡ (나)에서 A~C 중 살 수 있는 수온의 범위가 가장 넓은 종은 C임을 알 수 있다.
- ㉢ (나)에서 수온에 따라 물고기가 살 수 있는 수온의 범위가 다른 것은 비생물적 요인이 생물적 요인에 미치는 영향인 ㉠의 예에 해당한다.

02 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

A~C는 모두 단독 배양했을 때 실제 성장 곡선을 따른다.

- ㉠ 구간 I에서 C는 개체 수가 증가하다가 일정해지므로 환경 저항이 작용했다.
- ㉡ (나)에서 A와 B를 혼합 배양할 때 B의 개체 수가 0이 되었으므로 A와 B 사이에 경쟁 배타가 일어났다.
- ㉢ (나)에서 A와 C를 혼합 배양할 때 A와 C의 최대 개체 수가 A와 C를 각각 단독 배양할 때 최대 개체 수보다 크므로 A와 C 사이에서 일어난 상호 작용은 상리 공생이다.

03 생태계의 구성

(가)는 식물 개체군, (나)는 비생물적 요인, (다)는 동물 개체군이다.

- ✗ 분해자는 비생물적 요인(나)에 해당하지 않는다.
- ㉠ (가)는 식물 개체군, (다)는 동물 개체군이다. ‘언어가 일정한 세력권을 형성하여 다른 언어의 침입을 막는다.’는 ㉠에 해당한다.
- ㉡ ㉠은 식물 개체군(가)이 비생물적 요인(나)에 미치는 영향으로 식물의 광합성으로 대기의 이산화 탄소 농도가 감소하는 것은 ㉠에 해당한다.

04 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

(가)는 포식과 피식 또는 기생, (나)는 중간 경쟁, (다)는 상리 공생이고, ㉠은 이익, ㉡은 손해이다.

- ㉠ A와 B를 단독 배양했을 때 구간 I에는 A와 B가 모두 생존했지만 A와 B를 혼합 배양했을 때 구간 I에는 A만 생존하고 B가 생존하지 못했다. 따라서 A와 B를 혼합 배양했을 때 구간 I에서 일어난 A와 B 사이의 상호 작용인 (나)는 중간 경쟁이다.

공간 경쟁이 일어난 두 종은 모두 손해를 입으므로 ㉠은 손해, ㉡은 이익이다.

㉢. 상리 공생 관계의 두 종 모두 이익을 얻으므로 상리 공생은 (다)에 해당한다.

㉣. 혼합 배양했을 때 구간 I에서 B가 생존하지 못했으므로 경쟁 배타가 일어났음을 알 수 있다.

05 천이

1차 천이 중 건설 천이는 지의류 → 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림의 단계로 진행된다.

✕. 과정 I 이후 C는 초원이므로 산불은 과정 I에서 일어났다.

㉢. 과정 I에서 산불이 일어났으므로 C는 개척자인 초본(풀)에 의해 형성된 초원, A는 관목림, B는 양수림, D는 혼합림, E는 음수림이다.

㉣. 구간 ㉠의 천이 과정에 빛은 큰 영향을 준다. 양수림(B)에 의해 형성된 그늘에서 음수의 모목은 양수의 모목보다 잘 자란다. 이로 인해 혼합림(D)이 형성되고, 음수가 우점종이 되어 음수림(E)이 형성된다.

06 우점종

중요치는 상대 밀도+상대 빈도+상대 피도의 값이다. t_1 과 t_2 에서 A~C의 상대 빈도(%)의 합과 상대 피도(%)의 합은 각각 100%이다. 상대 밀도는 $\frac{\text{특정 종의 밀도}}{\text{조사한 모든 종의 밀도의 합}} \times 100\%$ 이

고, 조사한 시점의 면적이 동일하므로 $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{조사한 모든 종의 개체 수}} \times 100\%$ 이다. t_1 일 때 A의 상대 빈도와 상대 피도의 합은 $20+30=50$ 이고, 중요치(중요도)는 100이므로 상대 밀도는 $100-50=50$ 이다. 따라서 $\frac{㉠}{㉠+5+5} \times 100\% = 50\%$ 에서 ㉠은 10이

다. t_2 일 때 A의 상대 피도는 $100-(40+35)=25$ 이다. t_2 일 때 A의 상대 밀도는 $110-(35+25)=50$ 이다. t_2 일 때 A의 상대 밀도는 $\frac{25}{25+㉠+10} \times 100\% = 50\%$ 에서 ㉠은 15이다.

시점	종	개체 수	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	중요치 (중요도)
t_1	A	㉠(10)	20	30	100
	B	5	40	?(25)	?(90)
	C	5	?(40)	45	110
t_2	A	25	35	?(25)	110
	B	㉢(15)	45	40	?(115)
	C	10	?(20)	35	75

✕. t_1 일 때 B의 상대 밀도는 $\frac{5}{10+5+5} \times 100 = 25\%$ 이다.

㉢. ㉠+㉢=10+15=25이다.

✕. t_1 일 때 A~C 중 중요치가 가장 큰 종의 중요치 값은 110이고, t_2 일 때 A~C 중 중요치가 가장 작은 종의 중요치 값은 75이므로 차이는 $110-75=35$ 이다.

07 군집

A와 B는 서로 다른 종이고, 먹이를 두고 경쟁하는 관계에 있다.

✕. A와 B는 서로 다른 종으로 한 개체군을 이루지 않는다.

㉢. B를 제거하면 ㉡에 분포하는 A는 A의 먹이가 많은 ㉢과 ㉣으로 이주할 것이고, ㉢보다는 ㉣에 먹이가 더 많으므로 ㉣에 더 많은 A가 있을 것이다. 따라서 B를 제거하면 A의 개체 수는 ㉣에서가 ㉣에서보다 적다.

✕. A는 ㉡에서 서식할 수 있지만, B는 ㉡에서 서식할 수 없으므로 ㉡에서 A와 B 사이에 경쟁 배타는 일어나지 않는다.

08 개체군 내의 상호 작용

(가)는 리더제(㉠)의 예이고, (나)는 가족생활(㉢)의 예이다.

✕. (가)는 철새가 리더를 따라 이동하는 모습으로 리더를 제외한 나머지 개체들에서는 힘의 서열에 따른 순위가 정해져 있지 않다.

✕. 세력권을 형성한 개체가 다른 개체의 출입을 적극적으로 제한하는 것은 텃세가 나타난 집단의 특징이므로 ㉠은 텃세이다.

㉢. ㉠은 리더제, ㉡은 텃세이므로 나머지 ㉢은 가족생활이다. (나)는 혈연관계의 사자들이 생활하는 모습으로 가족생활(㉢)의 예이다.

09 개체군의 주기적 변동

A는 피식자, B는 포식자이다.

㉢. A가 포식자, B가 피식자라면 B의 개체 수가 증가할 때 A의 개체 수가 계속 증가해야 하지만 그렇지 않았고, A의 개체 수가 먼저 증가한 후 B의 개체 수가 증가했으므로 A는 피식자, B는 포식자이다.

✕. 구간 I에서 피식자(A)의 개체 수는 감소하고, 포식자(B)의 개체 수는 증가한다. (나)의 ㉢에서 피식자의 개체 수는 감소하고, 포식자의 개체 수는 증가하므로 구간 I에서 ㉢이 일어났다.

✕. 구간 II에서 A와 B의 개체 수가 모두 0이 아니므로 경쟁 배타가 일어나지 않았다.

10 군집 내 개체군 사이의 상호 작용

㉢. 사자와 얼룩말 사이의 상호 작용은 포식과 피식이므로 (마)는 포식과 피식이고, ㉠과 ㉢은 각각 '이익을 얻는 것'과 '손해를 입는 것' 중 하나이며, ㉡은 '이익도 손해도 없는 것'이다. 편리공생 관계의 두 개체군에서만 '이익도 손해도 없는 것'이 나타나므로 (라)는 편리공생이다.

✕. 편리공생(라)에서 한 종은 이익을 얻는다. ㉠은 '이익도 손해도 없는 것'이고, ㉡은 '이익을 얻는 것'이다. 나머지 ㉢은 '손해를 입는 것'이다.

상호 작용	(가) (중간 경쟁)	(나) (상리 공생)	(다) (기생)	(라) (편리 공생)	(마) (포식과 피식)
종 1	㉠	㉡	㉢	㉢	㉠
종 2	㉠	㉡	㉠	㉠	㉡

✕. 콩과식물은 뿌리혹박테리아에 서식 공간을 제공하고, 뿌리혹박테리아는 콩과식물에 질소 화합물을 제공하므로 두 종 사이의 상호 작용은 상리 공생에 해당한다. 따라서 콩과식물과 뿌리혹박테리아 사이의 상호 작용은 상리 공생(나)에 해당한다.

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

순생산량이 가장 큰 생태계는 A이다.

- ㉠. A의 생산자에서 총생산량은 호흡량보다 크다는 것을 알 수 있다.
- ㉡. 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 제외한 값이다. A와 C의 생산자에서 호흡량은 유사하지만 총생산량은 A의 생산자에서가 C의 생산자에서보다 크므로 순생산량은 A의 생산자에서가 C의 생산자에서보다 많다.
- ✕. 총생산량은 B의 생산자에서가 C의 생산자에서보다 많다.

02 물질의 생산과 소비

A는 호흡량이고, B에는 피식량, 고사량, 낙엽량이 포함된다.

- ㉠. B에는 생산자에서 1차 소비자로 이동한 피식량이 포함되어 있다.
- ✕. ㉠이 1차 소비자라고 하면, ㉡의 에너지 효율은 $\frac{15}{1000} \times 100\% = 1.5\%$ 이다. 1차 소비자의 에너지 효율이 10%라는 조건을 만족하지 않으므로 ㉠은 2차 소비자, ㉡은 1차 소비자이다. 1차 소비자(㉡)의 호흡량은 생산자의 호흡량(A)에 포함되지 않는다.
- ㉢. 1차 소비자인 ㉡의 에너지 효율이 10%이므로 ㉡의 에너지 양은 100이다. 따라서 2차 소비자인 ㉠의 에너지 효율은 $\frac{15}{100} \times 100\% = 15\%$ 이다.

03 물질의 생산과 소비

A는 총생산량, B는 호흡량, ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이다.

- ㉠. 균집의 천이 과정에서 양수림 출현 후 음수림 출현이 일어나므로 ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이다.
- ㉢. 총생산량은 호흡량과 순생산량의 합이고, 순생산량에는 피식량, 고사량, 낙엽량, 생장량이 포함되어 있다. A는 총생산량이고, B는 호흡량이며, 구간 I에서 (가)의 생장량은 A(총생산량)에 포함된다.
- ✕. 총생산량(A)과 호흡량(B)의 차이인 순생산량은 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.



04 질소 순환

과정 ㉠은 질소 고정, 과정 ㉡은 탈질산화 작용이다.

㉠. ㉠은 질소 기체(N₂)가 암모늄 이온(NH₄⁺)으로 전환되는 질소 고정으로 뿌리혹박테리아와 같은 질소 고정 세균에 의해 일어난다.

㉡. 암모늄 이온(NH₄⁺)과 질산 이온(NO₃⁻)을 흡수하는 B는 스스로 양분을 합성할 수 있는 생산자이다.

㉢. 과정 ㉡은 질산 이온(NO₃⁻)이 대기 중 질소 기체(N₂)로 전환되는 탈질산화 작용이다.

05 탄소 순환

A는 분해자, B는 생산자이다.

✗. 대기 중 N₂는 생산자가 직접 이용할 수 없고, 광합성을 통해 대기 중 ㉠이 생태계의 생물적 요인으로 유입되므로 ㉠은 CO₂이다.

㉡. 광합성을 통해 CO₂(㉡)를 흡수하는 B는 생산자이고, 사체나 배설물을 통해 탄소를 섭취하는 A는 분해자이다.

㉢. 생산자(B)는 호흡을 통해 CO₂(㉢)를 방출하므로 호흡을 통해 과정 I이 일어난다.

06 생물 다양성 보전

생물 다양성 감소 원인에는 서식지 파괴, 서식지 단편화, 생물의 불법 포획과 남획, 환경오염, 기후 변화, 외래종의 도입 등이 있다.

✗. 무분별한 외래종의 도입은 생물 다양성 감소 원인 중 하나이다.

㉠. 생태 통로 설치하는 단편화된 서식지를 연결하여 생물의 이동 경로를 확보하고 사고 방지를 위한 방법 중 하나이다.

㉡. 생물 다양성 보전을 위한 국제적 수준의 방안에는 생물 다양성 협약, 람사르 협약 등이 있다.

07 생태계 평형

먹이 사슬이 복잡할수록 안정된 생태계이다.

㉠. (가)에서 쥐는 1차 소비자에, 뱀은 2차 소비자에 해당한다.

㉡. (나)에서 뱀과 개구리는 서로 먹고 먹히므로 뱀과 개구리의 상호 작용은 포식과 피식이다.

㉢. 먹이 사슬의 복잡성은 (가)보다 (나)가 높으므로 (나)가 더 안정된 생태계이다. 따라서 (가)와 (나)에서 쥐가 사라지면 생태계 평형은 (가)에서 (나)에서보다 쉽게 깨질 것이다.

08 질소 순환

과정	물질의 전환	세균
(가)	㉠(NO ₃ ⁻) → ㉡(N ₂)	㉢(탈질산화 세균)
(나)	㉣(NH ₄ ⁺) → ㉤(NO ₃ ⁻)	질산화 세균
(다)	㉥(N ₂) → ㉦(NH ₄ ⁺)	㉧(질소 고정 세균)

✗. 질산화 세균은 암모늄 이온(NH₄⁺)이 질산 이온(NO₃⁻)으로 전환되는 질산화 작용에 관여한다. 따라서 ㉣은 암모늄 이온(NH₄⁺)이고, ㉤은 질산 이온(NO₃⁻)이다. 나머지 ㉡은 질소 기체(N₂)이다. (가)는 ㉤(NO₃⁻)이 ㉡(N₂)으로 전환되는 탈질산화 작용으로 탈질산화 세균에 의해 일어난다. 탈질산화 세균은 ㉢에 해당한다. 질소 고정 세균은 ㉥(N₂)이 ㉦(NH₄⁺)으로 전환되는 질소 고정인 (다)에 관여한다.

✗. ㉥(N₂)이 ㉦(NH₄⁺)으로 전환되는 (다)는 질소 고정이다.

㉠. 식물은 ㉤(NO₃⁻)과 ㉦(NH₄⁺)을 흡수하여 유기물 합성에 이용한다.

09 에너지 효율

A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자, D는 생산자이다.

㉠. 생태 피라미드는 하위 영양 단계부터 쌓아 올리므로 가장 아래에 있는 D는 생산자, C는 1차 소비자, B는 2차 소비자, A는 3차 소비자이다.

㉡. B의 에너지량을 x 라 하면 A의 에너지 효율이 20%이므로 $\frac{3}{x} \times 100\% = 20\%$ 에서 x 는 15이다. C의 에너지량을 y 라 하면

B의 에너지 효율이 15%이므로 $\frac{15}{y} \times 100\% = 15\%$ 에서 y 는 100이다. C의 에너지 효율이 10%이므로 $\frac{y}{㉢} \times 100\% = \frac{100}{㉢} \times 100\% = 10\%$ 에서 ㉢은 1000이다.

㉣. 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량은 1000 → 100 → 15 → 3으로 감소한다.

10 생태계에서의 에너지 흐름

생산자와 1차 소비자로 유입된 에너지량과 방출된 에너지량은 각각 같다.

㉠. 생산자로 유입된 에너지량은 26이고, 생산자에서 방출된 에너지량은 14 + ㉠ + 10이므로 ㉠은 2이다. 1차 소비자로 유입된 에너지량은 2이고, 방출된 에너지량은 0.8 + ㉡ + 1이므로 ㉡은 0.2이다. 따라서 ㉠ + ㉡ = 2.2이다.

✗. 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 한 방향으로 이동한다.

㉢. 분해자로 유입된 에너지량은 10 + 1 + 0.1 = 11.1이다.

11 생물 다양성

서식지 단편화는 생물 다양성의 감소 원인이다.

㉠. 서식지 단편화로 서식하는 종의 수와 총개체 수가 감소하였다.

✗. 가장자리에 서식하는 종의 수는 (가)에서 3, (나)에서 2이다.

✗. 서식지 단편화로 인해 내부 면적은 감소하고, 가장자리 면적은 증가하였으므로 $\frac{\text{내부 면적}}{\text{가장자리 면적}}$ 은 감소하였다.

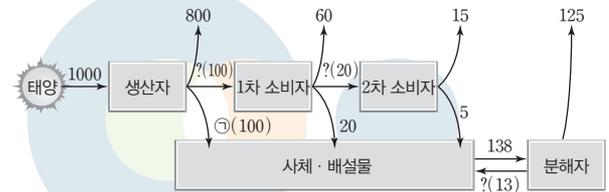
12 생물 다양성

- A는 유전적 다양성, B는 생태계 다양성, C는 종 다양성이다.
 ✕. 아시아무당벌레의 다양한 색과 반점 무늬는 생물 다양성 중 유전적 다양성에 해당한다.
 ○. B는 비생물적 요인이 포함된 생태계 다양성이고, 빛, 물, 온도, 토양 등은 비생물적 요인에 포함된다.
 ✕. C는 종 다양성이다. 종 다양성(C)이 높을수록 생태계가 안정적으로 유지된다.

수능 3점 테스트 본문 189~191쪽

01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ④

01 에너지 흐름



- . ㉠은 100이다.
 ✕. 1차 소비자의 에너지의 일부만이 2차 소비자로 이동한다.
 ✕. 1차 소비자로 이동한 에너지양(100)은 분해자로 이동한 에너지양(138)보다 작다.

02 물질의 순환

- 대기 중 이산화 탄소(CO₂)는 광합성을 통해 생산자에 흡수될 수 있고, 대기 중 질소 기체(N₂)는 암모늄 이온(NH₄⁺) 또는 질산 이온(NO₃⁻)으로 전환된 후 생산자에 흡수된다.
 ○. 과정 I에서 생산자의 탄소는 세포 호흡을 통해 이산화 탄소(CO₂)의 형태로 대기로 돌아간다.
 ○. 뿌리혹박테리아는 대기 중 질소 기체(N₂)가 암모늄 이온(NH₄⁺)으로 전환되는 질소 고정(과정 III)에 관여한다.
 ✕. ㉠은 이산화 탄소(CO₂), ㉡은 질소 기체(N₂), ㉢은 질산 이온(NO₃⁻), ㉣은 암모늄 이온(NH₄⁺)이다.

03 생물 다양성

- A는 유전적 다양성, B는 종 다양성, C는 생태계 다양성이다.
 ✕. (나)에서 A는 같은 종으로 구성된 개체군에서의 대립유전자 구성을 나타낸 것으로 유전적 다양성을 의미하고, B는 어떤 지역에 존재하는 다양한 생물종을 나타낸 것으로 종 다양성을 의미한다. 나머지 C는 생태계 다양성이다. B에는 동물 종과 식물 종을 포함해 모든 생물종이 포함된다.
 ○. 생태계에 속하는 생물과 비생물적 요인 사이의 관계에 관한 다양성을 포함하는 것은 생태계 다양성(C)에만 해당하는 특징이므로 '생태계에 속하는 생물과 비생물적 요인 사이의 관계에 관한 다양성을 포함하는가?'는 [생태계 다양성(C)]과 [유전적 다양성(A), 종 다양성(B)]을 구분하는 기준인 ㉠에 해당한다.
 ○. 같은 종의 기린에서 털 무늬가 다양하게 나타나는 것은 유전적 다양성(A)에 해당한다.

04 에너지 효율

3일이 경과한 후 A에서, 5일이 경과한 후 B에서, 약 23일이 경과한 후 C에서 각각 방사성 물질이 검출되었으므로 A는 1차 소비자, B는 2차 소비자, C는 3차 소비자에 속한다.

㉠. (가)에서 A는 1차 소비자, B는 2차 소비자, C는 3차 소비자에 속하고, (나)에서 ㉠은 3차 소비자, ㉡은 2차 소비자, ㉢은 1차 소비자이므로 A는 1차 소비자(㉢)에 속한다.

㉣. 2차 소비자(B)가 가진 에너지의 일부는 3차 소비자(C)로 이동한다.

✕. 2차 소비자(㉣)의 에너지 효율은 $\frac{15}{100} \times 100\% = 15\%$, 3차 소비자(㉠)의 에너지 효율은 $\frac{3}{15} \times 100\% = 20\%$ 이다. 에너지 효율은 ㉣에서가 ㉠에서보다 작다.

05 질소 순환

㉠은 질소 고정, ㉡은 질산화 작용, ㉢은 화학 비료에 의한 물질 이동이다.

㉣. 과정 ㉠은 대기 중 질소 기체(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소 고정이다.

㉤. 과정 ㉡은 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환되는 질산화 작용으로 질산화 세균이 관여한다.

㉥. 과정 ㉢은 화학 비료에 포함된 물질이 생산자로 이동되는 과정이다. 화학 비료에는 $3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$, $2NH_3 + 2H^+ \rightarrow 2X$ 를 거쳐 합성된 X가 포함되어 있는데 X는 암모늄 이온(NH_4^+)이다. 따라서 과정 ㉢에서 암모늄 이온(NH_4^+)의 이동이 있다.

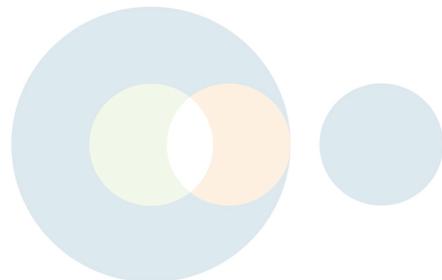
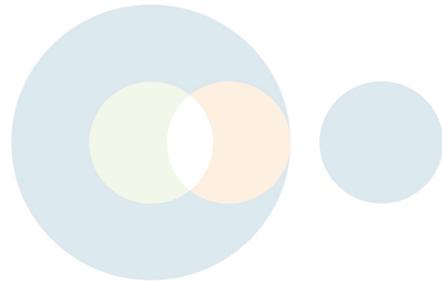
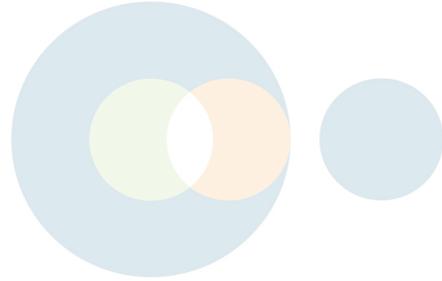
06 생태계 평형

생태계 평형은 먹이 사슬이 복잡할수록 안정적으로 유지된다.

㉠. t_2 일 때 1차 소비자가 일시적으로 증가하였고, 이로 인해 2차 소비자는 증가하며, 생산자는 감소하므로 ㉠은 증가, ㉡은 감소이다.

✕. t_1 일 때 상위 영양 단계로 갈수록 개체 수가 감소한다.

㉢. t_2 일 때 1차 소비자가 증가했으므로 $\frac{1차 소비자의 개체 수}{생산자의 개체 수}$ 는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 작다.



01 생명 과학의 이해

수능 2점 테스트 본문 12~14쪽

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

수능 3점 테스트 본문 15~17쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤

02 생명 활동과 에너지

수능 2점 테스트 본문 21~22쪽

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

수능 3점 테스트 본문 23~25쪽

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ⑤

03 물질대사와 건강

수능 2점 테스트 본문 31~33쪽

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

수능 3점 테스트 본문 34~37쪽

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

04 자극의 전달

수능 2점 테스트 본문 46~49쪽

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

수능 3점 테스트 본문 50~57쪽

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

05 신경계

수능 2점 테스트 본문 64~67쪽

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

수능 3점 테스트 본문 68~71쪽

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

06 항상성

수능 2점 테스트 본문 79~83쪽

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

수능 3점 테스트 본문 84~89쪽

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

07 방어 작용

수능 2점 테스트 본문 97~101쪽

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

수능 3점 테스트 본문 102~107쪽

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

08 유전 정보와 염색체

수능 2점 테스트 본문 117~120쪽

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

수능 3점 테스트 본문 121~127쪽

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

09 사람의 유전

수능 2점 테스트 본문 137~140쪽

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

수능 3점 테스트 본문 141~147쪽

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

10 사람의 유전병

수능 2점 테스트 본문 153~157쪽

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

수능 3점 테스트 본문 158~163쪽

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

11 생태계의 구성과 기능

수능 2점 테스트 본문 172~174쪽

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

수능 3점 테스트 본문 175~179쪽

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

12 에너지 흐름과 물질 순환, 생물 다양성

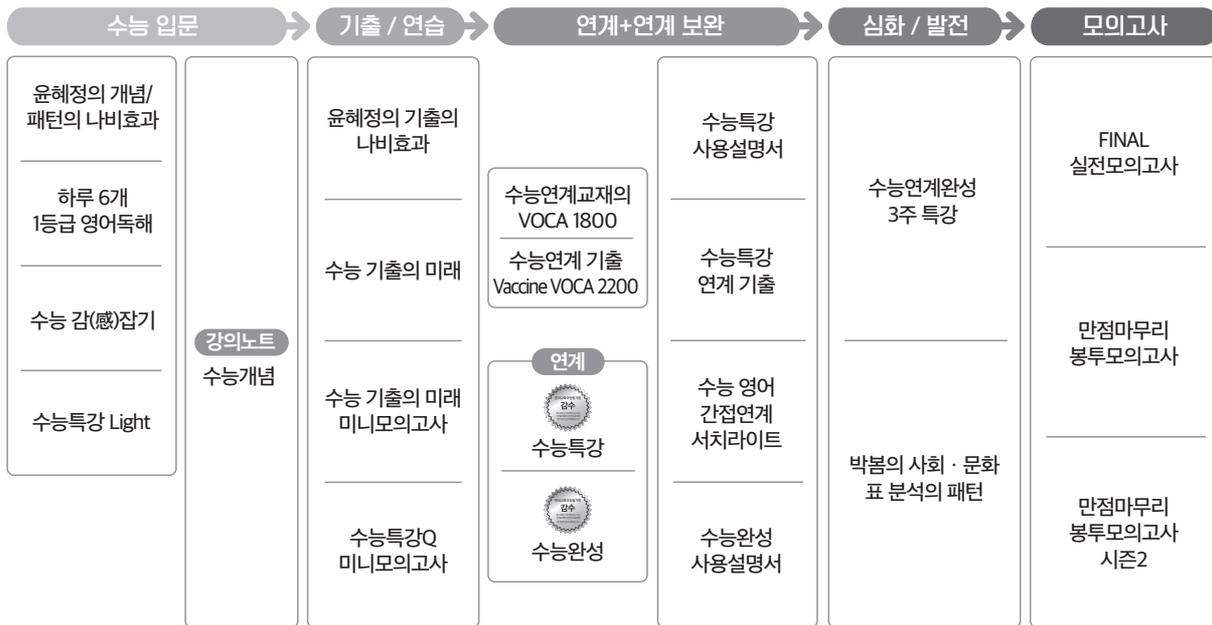
수능 2점 테스트 본문 186~188쪽

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

수능 3점 테스트 본문 189~191쪽

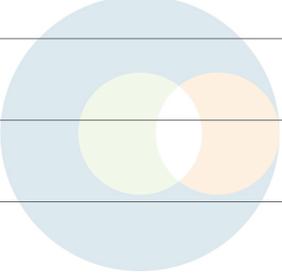
01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ④

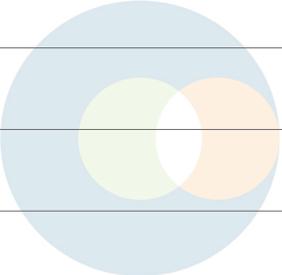
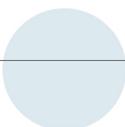
고2~N수 수능 집중 로드맵



구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤혜정의 개념/패턴의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	하루 6개 1등급 영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 영어 독해	●	영어
	수능 감(感)잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	영어
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
기출/연습	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문·자료·문화 분석	●	국/영
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품·지문과 연결된 기출문제 학습	●	국어
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심만 모아 구성한 간접연계 대비 교재	●	영어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능-EBS 연계 및 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어
심화/발전	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비서	●	국/수/영
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 훈련 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2	수능 완벽대비 최종 봉투모의고사	●	국/수/영



EBS *i*  

EBS *i*  

EBS *i* 