기출 PICK

정답과 해설

생명과학

01 생물의 특성

빈출 자료 보기

5쪽

001 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

001 (1) 고슴도치가 자신과 닮은 자손을 만드는 것(㉠)은 생식의 예이고, 생식 과정에서 부모의 유전 물질이 자손에게 전달되는 유전 현상이 나타난다.
(2) 단세포생물인 아메바는 분열법으로 번식하며, 이는 ㉠에 나타난 생식과 유전의 예에 해당한다.
(3) 고슴도치는 세포호흡을 통해 영양소를 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻으며, 이는 물질대사 중 이화작용에 해당한다. 이와 같은 물질대사 과정에는 항상 효소가 이용된다.
바로알기 | (4), (5) ㉡은 물질대사, ㉢은 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.

난이도별 필수 기출

6쪽~11쪽

002 ⑤ 003 ③ 004 ㄱ, ㄴ, ㄷ 005 해설 참조
006 ② 007 ③ 008 ⑤ 009 항상성 010 ③
011 ④ 012 ③ 013 ④ 014 ④ 015 ⑤ 016 ②
017 ④ 018 ④ 019 ㄹ, ㅁ 020 ⑤ 021 ⑤, ⑥
022 ① 023 ② 024 ① 025 ② 026 ①
027 해설 참조 028 ① 029 ④

002 ①, ② 모든 생물은 세포로 구성되어 있으며, 하나의 세포로 이루어진 단세포생물과 여러 개의 세포로 이루어진 다세포생물이 있다.
③ 생물은 환경이 변해도 체온, 수분량 등의 체내 상태를 일정하게 유지하려는 항상성이 있다.
④ 생물은 서식 환경에 적응하여 적합한 몸의 형태나 기능 등을 갖게 된다.
바로알기 | ⑤ 하나의 수정란이 세포분열을 하여 하나의 개체가 되는 과정은 발생에 해당하며, 진화는 생물집단이 오랜 세월에 걸쳐 환경에 적응하면서 유전적 구성이 변하고 새로운 종이 나타나는 현상이다.

003 ㄱ. 사람은 유전물질인 핵산을 가지고 있다.
ㄴ. ㉠은 가시에 찔린 자극에 대해 손을 떼는 반응이 일어나는 것이므로 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.
바로알기 | ㄷ. 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 화학 반응이므로, 생물이 아닌 휴머노이드는 물질대사를 하지 않는다.

004 ㄱ. 물질대사는 생명체에서 일어나는 모든 화학 반응으로, 동화작용과 이화작용이 있다.
ㄴ. 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 광합성은 동화작용의 예이다.
ㄷ. 물질대사가 일어날 때는 항상 에너지의 출입이 일어나고, 효소가 이용된다.

005 모범 답안 죽순은 세포분열을 하여 세포 수를 늘리며 크기가 커지므로 생물이지만, 석순은 세포로 구성되어 있지 않고 석회질 물질이 쌓여 커지므로 생물이 아니다.

채점 기준	배점
죽순과 석순의 크기가 커지는 과정을 세포 수 증가 여부와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
석순이 세포로 구성되어 있지 않다고만 서술한 경우	50 %

006 ㄷ. 종족 유지 현상과 관련된 생물의 특성은 생식과 유전, 적응과 진화이므로 (나)는 생식과 유전이다. 생식 과정에서는 어버이의 유전물질이 자손에게 전달되어 어버이의 형질이 자손에게 유전된다.
바로알기 | ㄱ. 개체 유지 현상(㉠)은 하나의 생물이 살아 있는 상태를 유지하는 것과 관련된다. 종족 유지 현상은 생물종을 보존하여 생명의 연속성을 유지하는 것과 관련된다.
ㄴ. 개체 유지 현상(㉠)과 관련된 생물의 특성은 세포로 구성, 물질대사, 자극에 대한 반응과 항상성, 발생과 성장이므로 (가)는 발생과 성장이다.

007 (가)와 (나)는 모두 발생과 성장의 예에 해당한다. 발생은 다세포생물에서 하나의 수정란이 세포분열을 하여 하나의 개체가 되는 과정이고, 성장은 어린 개체가 세포분열을 하여 성체로 자라는 과정이다.

008 (가) 육상 선수가 출발 신호라는 자극에 맞춰 반응하여 달리므로 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.
(나) 온도라는 환경이 변해도 체온이라는 체내 상태를 일정하게 유지하려고 하므로 항상성의 예에 해당한다.
(다) 코알라는 암수 생식세포의 수정으로 자손을 만들고, 이 과정에서 부모의 유전물질이 자손에게 전달되어 자손은 부모를 닮으므로 생식과 유전의 예에 해당한다.

009 건강한 사람에서는 포도당 섭취 후 혈중 포도당 농도가 높아져도 인슐린(X)의 분비로 인해 혈중 포도당 농도가 빠르게 정상 수준으로 회복되었다. 우리 몸은 포도당을 섭취해도 혈중 포도당 농도를 일정하게 조절하려고 하므로 이 자료에서 나타난 생물의 특성은 항상성이다.

010 세균에 의한 섬유소 분해(㉠)는 이화작용으로, 물질대사의 예에 해당한다. 소가 되새김질에 적합한 구조의 소화기관을 갖는 것(㉡)은 환경에 적응해 진화한 결과이므로, 적응과 진화의 예에 해당한다.

011 ㄴ. ⓐ는 광합성으로 물질대사의 예에 해당한다. 물질대사에는 동화작용과 이화작용이 있으며, 광합성과 같이 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정은 동화작용이다.
ㄷ. 고산 지대에 사는 사람은 산소가 희박한 환경에 적응하여 평지에 사는 사람보다 혈액 속 적혈구의 수가 많아진 것이므로, 적응과 진화의 예(㉠)에 해당한다.
바로알기 | ㄱ. 물을 많이 마시면 오줌의 양을 늘려 체내 수분량을 일정하게 유지하므로 (가)는 항상성이다.

012 ㄱ. 효모(ⓐ)는 세포 하나로 이루어진 단세포생물이다.
ㄷ. 효모는 세포호흡을 통해 포도당을 물과 이산화 탄소로 분해한다. 석회수는 세포호흡 결과 생성된 이산화 탄소를 확인하기 위한 장치이므로, 이 실험은 세포호흡을 확인하기 위한 실험이며, 이 실험에 나타난 생물의 특성은 물질대사이다.
바로알기 | ㄴ. 세포호흡이 일어날 때 에너지가 방출되어 주변의 온도가 높아지고, 포도당의 분해 결과 이산화 탄소가 생성되므로 연결된 비커의 석회수가 뿌옇게 변한다. 따라서 온도가 더 높고 연결된 비커(나)의 석회수가 뿌옇게 변한 ㉠은 포도당 용액이 들어 있어 효모가 세포호흡을 할 수 있는 B이다.

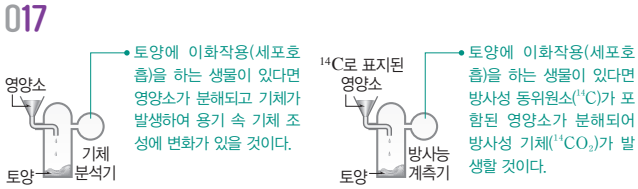
013 가랑잎벌레가 서식 환경에 적합한 몸의 구조인 주변 식물의 잎과 비슷한 몸의 형태와 색깔을 갖는 것은 적응과 진화의 예에 해당한다. 적응과 진화는 생물이 서식 환경에 적응하여 환경에 적합한 몸의 형태와 기능 등을 갖게 되고, 이 과정이 오랜 세월에 걸쳐 이루어지면서 유전적 구성이 변해 새로운 종이 나타나는 현상이다.
④ 갈라파고스 제도에 사는 핀치는 섬마다 다른 먹이 환경에 적응하면서 서로 다른 모양의 부리를 갖게 되었으므로 적응과 진화의 예에 해당한다.
바로알기 | ①은 발생과 성장, ②는 생식과 유전, ③은 자극에 대한 반응, ⑤는 물질대사의 예에 해당한다.

014 ㄱ. 개구리의 수정란은 세포분열을 하여 세포 수를 늘려 세포의 종류와 기능이 다양해지며 어린 개구리가 된다. 이후 세포분열을 하여 세포 수를 늘려 가면서 몸집이 커져 성체 개구리가 된다.
ㄴ. 개구리는 세포호흡을 통해 영양소를 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻고, 이는 물질대사 중 이화작용의 예에 해당한다.
바로알기 | ㄷ. (다)는 개구리가 체온을 일정하게 유지하려는 과정이므로 항상성의 예에 해당한다.

015 곤충이 먹이 섭취 방법에 따라 다른 머리 모양을 갖게 된 것은 서식 환경에 적합한 몸의 형태 및 기능을 갖게 된 것이므로 적응과 진화의 예에 해당한다.
⑤ 펭귄이 물속에서 빠른 속도로 움직이는 데 적합한 몸의 형태를 갖는 것은 생물이 자신이 살아가는 환경에 적합한 몸의 형태와 기능, 생활 습성 등을 갖게 되는 것으로 적응과 진화의 예에 해당한다.
바로알기 | ①은 항상성, ②는 자극에 대한 반응, ③은 물질대사, ④는 생식과 유전의 예에 해당한다.

016 ㄷ. ㉡과 ㉢은 물질대사의 예에 해당한다. 물질대사에는 항상 효소가 이용된다.
바로알기 | ㄱ. 곤충이 파리지옥의 잎 안쪽을 건드리는 것은 자극이고, 이에 대해 파리지옥이 잎을 닫는 것은 반응이다. 따라서 ㉠은 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.
ㄴ. 곤충(ⓐ)은 다세포생물이며 수많은 세포로 구성되어 있다. 다세포생물은 암수 생식세포의 수정으로 자손을 만들어 증식한다. 반면 대장균, 짚신벌레와 같은 단세포생물은 분열법을 통해 세포분열로 새로운 개체를 만든다.

017



ㄱ, ㄴ. (가)와 (나) 모두 '생물은 물질대사를 한다.'는 것을 전제로, 이화작용을 하는 생물의 존재를 확인하는 실험이다.
바로알기 | ㄷ. (나)는 방사성 동위원소(^{14}C)가 포함된 영양소가 분해되어 방사성 기체($^{14}CO_2$)가 생성되었는지를 확인하는 실험이다. 따라서 (나)는 세포호흡으로 영양소를 분해하는 생물이 있는지 확인하는 실험이다.

018 ㄱ. 행성의 토양에 광합성을 하는 생물이 있다면 램프의 빛에너지를 흡수하여 ^{14}C를 포함한 유기물을 합성하였을 것이다.
ㄷ. 동화작용을 하는 생물이 존재한다면 (가)에서 ^{14}C를 포함한 유기물이 합성될 것이고, (다)에서 ^{14}C를 포함한 유기물이 포함된 토양을 가열하면 방사성 기체가 검출될 것이다. 하지만 실험 결과 방사성 기체가 검출되지 않았으므로 행성의 토양에는 동화작용을 하는 생물이 존재하지 않는다.
바로알기 | ㄴ. '식물은 빛을 향해 굽어 자란다.'는 빛이란 자극에 대해 식물이 반응하는 자극에 대한 반응의 예에 해당한다. 이 실험에서 전제로 하고 있는 생물의 특성은 물질대사이다.

019 ㄹ, ㅁ. (가)는 고분자 물질을 저분자 물질로 분해하며 에너지가 방출되는 이화작용이다. (나)에서 행성 토양에 이화작용을 하는 생물이 있는지를 확인하려면 방사성 동위원소(^{14}C)를 포함한 유기물을 용기에 넣고, 방사능 계측기로 방사성 기체($^{14}CO_2$)가 발생하는지를 측정하는 방식으로 실험한다. 또는 일정한 조성의 혼합 기체와 영양소를 넣고 일정 시간 뒤 용기 속 기체 조성의 변화를 확인하는 방식으로도 실험할 수 있다.
바로알기 | ㄱ, ㄴ, ㄷ. 방사성 기체($^{14}CO_2$)를 용기에 주입하고 빛을 비춘 다음 토양을 가열하여 방사성 기체의 검출 여부를 확인하는 것은 토양에 광합성과 같은 동화작용을 하는 생명체가 있는지를 확인하는 실험이다.

020 ㄱ, ㄴ. 바이러스는 유전물질인 핵산이 단백질 껍질에 싸인 구조로 이루어져 있다.
ㄷ. 바이러스는 살아 있는 숙주세포 안에서는 생물적 특성을, 숙주세포 밖에서는 비생물적 특성을 나타낸다.

021 ⑤ 바이러스는 숙주세포 밖에서는 단백질 입자로 존재한다.
⑥ 바이러스는 증식 과정에서 돌연변이가 일어나 환경에 적응하고 진화할 수 있다.
바로알기 | ①, ② 바이러스는 세균보다 크기가 훨씬 작으며 세포의 구조를 갖추고 있지 않다.
③, ④ 바이러스는 자체 효소가 없어 숙주세포 밖에서 스스로 물질대사를 하거나 증식할 수 없지만, 살아 있는 숙주세포 안에서는 숙주세포의 효소를 이용해 유전물질을 복제하고 단백질을 합성하여 증식할 수 있다.

022 ㄱ. 단세포생물인 아메바는 세포분열을 통해 새로운 개체를 만들어 증식하므로 A는 아메바이다. 반면 아데노바이러스는 세포의 구조를 갖추고 있지 않아 세포분열을 할 수 없으므로 B는 아데노바이러스이다.
바로알기 | ㄴ. 아메바(A)는 세포막을 갖지만, 아데노바이러스(B)는 세포막을 갖지 않으므로 '세포막을 갖는다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.
ㄷ. 아메바(A)와 아데노바이러스(B) 모두 단백질을 가지므로 '단백질을 갖는다.'는 ㉠에 해당한다.

023 ㄷ. 코로나바이러스(가)와 대장균(나)은 모두 유전물질인 핵산이 있어 증식 과정에서 돌연변이가 일어나 환경에 적응하고 진화할 수 있다.
바로알기 | ㄱ. 코로나바이러스(가)는 세포의 구조를 갖추고 있지 않다.
ㄴ. 다세포생물은 세포분열을 통해 세포 수를 늘려 성장한다. 반면 단세포생물인 대장균(나)은 분열법으로 개체 수가 늘어나는 증식을 하므로, 다세포생물처럼 세포분열을 통해 성장한다고 할 수 없다.

024 ㄱ. 바이러스와 사람은 유전물질인 핵산을 갖지만, 생물이 아닌 휴머노이드는 유전물질인 핵산이 없다. 따라서 '핵산을 가지고 있다.'는 바이러스와 사람의 공통점인 ㉠에 해당한다.
바로알기 | ㄴ. 바이러스는 숙주세포 안에서 숙주세포의 효소를 이용하여 물질대사를 할 수 있지만 직접 먹이를 섭취할 수 없다. 따라서 '먹이를 섭취하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는다.'는 사람만의 특징에 해당한다.
ㄷ. 사람은 여러 개의 세포로 이루어진 다세포생물이지만, 휴머노이드는 비생물이므로 세포로 이루어져 있지 않다. 따라서 '여러 개의 세포로 이루어져 있다.'는 사람만의 특징에 해당한다.

025

구분 / 특징	아메바 A	담배모자이크 바이러스 B	소나무 C
광합성을 한다.	없음	없음	있음
스스로 물질대사를 한다.	있음	ⓐ 없음	? 있음
(가)	있음	있음	있음

(가): 핵산을 가지고 있다. 단백질을 가지고 있다. 증식 과정에서 돌연변이가 일어날 수 있다. 등

'광합성을 한다.'는 소나무에만 해당하는 특징이므로 C는 소나무이다. '스스로 물질대사를 한다.'는 아메바와 소나무에 해당하는 특징이므로 A는 아메바이다.

ㄷ. 담배모자이크바이러스(B), 아메바(A), 소나무(C)는 모두 유전물질인 핵산을 가지고 있으므로 '유전물질을 가지고 있다.'는 (가)에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. 담배모자이크바이러스(B)와 같은 바이러스는 자신의 효소가 없어 스스로 물질대사를 할 수 없으므로 ⓐ는 '없음'이다.

ㄴ. A는 아메바, B는 담배모자이크 바이러스, C는 소나무이다.

026

ㄱ. 박테리오파지(A)는 숙주세포인 대장균(B)에 자신의 유전물질(ⓐ)을 주입하므로 ⓐ는 DNA(㉠)이다.

바로알기 | ㄴ. 박테리오파지(A)는 스스로 물질대사를 할 수 없어, 살아 있는 숙주세포 안에서 숙주세포의 효소를 사용하여 자신의 유전물질을 복제하고 단백질을 합성하여 증식한다. 따라서 대장균(B) 안에서 새로 형성된 새로운 박테리오파지(ⓑ)는 A와 유전정보가 같다.

ㄷ. 박테리오파지(A)는 세포의 구조를 갖추고 있지 않으므로 세포분열을 할 수 없다.

027

모범 답안 바이러스는 자신의 효소가 없어 숙주세포 밖에서는 스스로 물질대사를 하지 못하기 때문에 자신의 유전물질을 복제하여 증식하기 위해서는 살아 있는 숙주세포가 필요하다. 따라서 바이러스는 숙주세포 출현 이후 지구에 출현했을 것이다.

채점 기준	배점
바이러스의 물질대사와 관련지어 숙주세포의 필요성을 옳게 서술한 경우	100 %
숙주세포가 필요하기 때문이라고만 서술한 경우	30 %

028

ㄴ. 바이러스는 숙주 세포 안에서 증식하므로 X는 바이러스이고, Y는 동물 세포이다. 동물 세포(Y)는 막으로 둘러싸인 세포소기관을 갖는다.

바로알기 | ㄱ. 바이러스(X)는 자신의 효소가 없어 동물 세포(Y) 밖에서는 물질대사를 할 수 없지만, 동물 세포(Y) 안에서는 동물 세포(Y)의 효소를 이용하여 물질대사를 할 수 있다.

ㄷ. 바이러스(X)와 동물 세포(Y) 모두 증식 과정에서 돌연변이가 일어날 수 있으므로, 이는 X와 Y를 구분하는 특징이 될 수 없다.

029

(가)

특징
• 다세포생물이다. 메뚜기
• 스스로 물질대사를 한다. 짚신벌레
• 유전물질을 가지고 있다. 메뚜기, 짚신벌레, 박테리오파지

(나) 박테리오파지

구분	특징의 개수
A	1
짚신벌레 B	㉠ 2
메뚜기 C	3

ㄴ. 짚신벌레(B)와 메뚜기(C)는 모두 생물이므로 생물의 특성을 가지며, 자극에 대해 반응한다.

ㄷ. 짚신벌레(B)에 해당하는 특징은 '스스로 물질대사를 한다.'와 '유전물질을 가지고 있다.'이므로 ㉠은 2이다.

바로알기 | ㄱ. 박테리오파지에 해당하는 특징은 '유전물질을 가지고 있다.' 1개이므로 A는 박테리오파지이다.

02 생명과학의 특성과 생명 시스템의 구성 단계

빈출 자료 보기

12쪽

030 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

030

A는 조직, B는 기관, C는 개체군, D는 군집이다.

(2) 식물에서 뿌리, 줄기, 잎, 꽃, 열매는 기관(B)에 해당한다.

(3) 개체군(C)은 구조적 체계를 이루고 개체들이 여러 방식으로 상호작용하는 하나의 생명 시스템으로서 기능한다.

(5) 생태계에는 생물뿐만 아니라 생물과 영향을 주고받는 주변 환경도 포함된다.

바로알기 | (1) 조직(A)은 모양과 기능이 비슷한 세포의 모임이다. 여러 종류의 조직이 모여 고유한 형태와 기능을 나타내는 것은 기관(B)이다.

(4) 군집(D)은 일정한 지역에 사는 여러 개체군의 무리이고, 같은 종의 개체 무리는 개체군(C)이다.

난이도별 필수 기출

13쪽~16쪽

031 ① 032 학생 A 033 해설 참조 034 ②
035 ③ 036 ⑤ 037 ④ 038 ⑤ 039 ⑤ 040 ④
041 ② 042 ③ 043 ④ 044 해설 참조 045 ①
046 ① 047 ③ 048 ②, ⑦

031

ㄱ. 생리학은 생명과학의 한 분야로, 생물의 기관, 조직, 세포 및 세포 내 물질 수준에서 생명체의 기능과 조절 과정을 연구하는 학문이다.

바로알기 | ㄴ. 생명과학은 생명의 기원, 생물의 구조와 기능 등을 연구하여 생명의 본질을 밝힐 뿐만 아니라, 그 성과를 질병, 환경오염, 기후 변화 등과 같은 과제를 해결하는 데 이용하여 인류의 생존과 복지에 응용하는 종합적인 학문이다.

ㄷ. 생명과학은 탄소(C), 수소(H), 산소(O) 등 원자와 물, 단백질, 핵산 등 분자를 포함하여 생물을 구성하는 물질부터 생태계에 이르기까지 모든 단계의 생명 현상을 연구 대상으로 한다.

032

생태계에는 햇빛, 물, 공기 등 생물을 둘러싼 주변 환경도 포함되므로, 이러한 비생물환경도 생명과학의 연구 대상에 포함된다.

033

모범 답안 생명과학은 생물을 구성하는 물질부터 생태계에 이르기까지 모든 단계의 생명 현상을 연구합니다.

채점 기준	배점
생물을 구성하는 물질부터 생태계까지 모든 단계의 생명 현상을 연구 대상으로 한다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
생물을 둘러싼 주변 환경도 연구 대상에 포함된다고만 서술한 경우	70 %

034

바로알기 | ② 생명 현상을 DNA, RNA, 단백질과 같은 분자 수준에서 연구하는 것은 분자생물학 분야에 대한 설명이다. 유전학은 생물의 유전 현상과 생물의 형질이 발현되는 원리를 개체나 세포 수준에서 연구한다.

035 ㄱ. (가)에서 세포소기관의 기능과 단백질의 수송 과정을 연구하고 (나)에서 세포소기관의 구조를 연구하였으므로, (가)와 (나)에 공통적으로 나타난 생명과학 분야는 세포학이다.
ㄷ. 녹색 형광 단백질(㉠)을 사용하여 세포소기관의 기능 및 단백질 수송 과정을 연구한 것과 전자현미경(㉡)을 사용하여 세포소기관의 구조를 연구한 것은 생명과학과 화학, 물리학 등이 연계된 사례이다.
바로알기 | ㄴ. 생명과학은 세포를 구성하는 원자, 분자, 탄소 화합물, 세포소기관부터 생태계에 이르기까지 모든 단계의 생명 현상을 연구 대상으로 한다.

036 ㄱ. 생물자원 개발은 생명과학, 화학, 생명공학, 환경학뿐만 아니라 농학의 성과에 영향을 받는다. 즉, 생물자원에는 항생물질을 만드는 미생물, 건조에 강한 작물, 특정 질병을 막는 식물 등이 있으며, 유용한 생물자원을 실제 재배하거나 사육하는 기술 개발에 농학이 기여한다. 따라서 농학은 ⓐ에 해당한다.
ㄴ. 생명과학은 화학, 지구과학 등 다른 과학 분야뿐만 아니라 의학, 공학, 정보학, 통계학, 경제학 등 과학 외의 다른 학문 분야와도 영향을 주고받으며 발달하고 있다.
ㄷ. 생명과학이 다양한 학문 분야와 영향을 주고받으며 융합적으로 발달함으로써 생물자원, 환경, 유전공학, 의료 등의 분야에서 미래 기술이 발달하고 있다.

037 ㉠은 화학, ㉡은 물리학이다.
ㄴ. 방사성 동위원소가 포함된 물질을 세포나 조직에 넣어준 후 방사성 동위원소에서 방출되는 방사선을 추적하면 세포 내 물질의 위치와 이동 경로를 알 수 있으며, 이 방법을 통해 세포 내에서 단백질이 합성되어 이동하는 경로를 알 수 있다. 즉, 이는 물리학(㉡)에서 이루어낸 성과가 생명 현상을 연구하는 데 필요한 과학적 분석 도구와 방법을 마련해 준 사례이다.
ㄷ. 생명과학의 연구 성과는 화학, 물리학 등 여러 학문 분야의 성과와 결합되어 나타난다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 화학이다.

038 ㄱ, ㄴ. 뇌-기계 접속 장치(BMI)는 생명과학(뉴런의 신호 생성과 전달 이해), 물리학(전기 신호 검출 및 센서 원리 연구), 공학(신호 분석 및 장치 제어 기술 개발)이 융합된 대표적인 첨단 융합 기술이다.
ㄷ. BMI 기술이 루게릭병 환자에게 실질적으로 이용되고 있음을 통해 여러 학문 분야가 협력적으로 연구한 결과 인류의 생존과 복지에 기여하고 있음을 알 수 있다.

039 ㄱ. (가)는 생물정보학, (나)는 생물통계학, (다)는 생물지리학이다.
ㄴ. 생물통계학(나)은 감염성질환의 발생률과 전파 경로를 분석하는 등 생물학적 현상의 규칙성과 변동성을 과학적으로 분석한다.
ㄷ. 생물지리학(다)은 멸종 위기종이 어디에 집중되어 있는지 파악함으로써 생물다양성보전에 기여하며, 외래생물이 어디에서 유입되었는지, 어떤 경로로 확산될 가능성이 있는지 등을 예측하여 외래생물 확산 방지에 기여하기도 한다.

040 **바로알기** | ④ 일정한 지역에서 같은 종의 생물이 무리를 이루어 생활하는 집단은 개체군이고, 군집은 일정한 지역에 여러 종류의 개체군이 모여 생활하는 집단이다.

041 (가)는 세포, (나)는 개체, (다)는 생태계이다.
ㄷ. 생태계(다)에서 생물은 다른 생물 또는 주변 환경과 영향을 주고받으며 살아간다.
바로알기 | ㄱ. 하나의 세포로 구성된 단세포생물도 있으므로, 모든 생물이 많은 수의 세포(가)로 구성된 것은 아니다.
ㄴ. 생물을 구성하는 구조적·기능적 단위는 세포(가)이다.

042 A는 조직, B는 기관, C는 기관계이다.
ㄱ. 조직(A)은 모양과 기능이 비슷한 세포의 모임이다.
ㄴ. 기관(B)의 예에는 뇌, 심장, 콩팥, 간, 폐, 이자 등이 있다.
바로알기 | ㄷ. 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이므로, 기관계(C)는 식물의 구성 단계에 없다.

043 ㄱ. 기관, 조직, 기관계, 조직계 중 동물과 식물에 모두 존재하는 구성 단계는 기관과 조직이므로, A는 조직, C는 기관이고 B는 조직계, D는 기관계이다. 이를 통해 (가)는 식물의 구성 단계이고, (나)는 동물의 구성 단계임을 알 수 있다.
ㄷ. 소화에 관여하는 기관이 모여 이루어진 소화계는 동물의 구성 단계 (나) 중 기관계(D)의 예에 해당한다.
바로알기 | ㄴ. 모양과 기능이 비슷한 세포가 모여 조직(A)을 이루며, 몇 가지 조직(A)이 모여 일정한 기능을 수행하는 조직계(B)를 형성한다. 따라서 조직계(B)는 한 종류가 아닌 여러 종류의 세포로 구성된다.

044 **모범 답안** • 공통점: 생물을 이루는 기본 단위인 세포로 구성되어 있다. 모양과 기능이 비슷한 세포가 모여 조직을 이룬다. 등
• 차이점: 토끼는 조직이 모여 기관을 이루고, 기관이 모여 기관계를 이루며, 기관계가 모여 하나의 개체를 이룬다. 반면 소나무는 조직이 모여 조직계를 이루고, 조직계가 모여 기관을 이루며, 기관이 모여 하나의 개체를 이룬다.

채점 기준	배점
토끼와 소나무의 구성 단계에서 공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 일부만 옳게 서술한 경우	40 %

045 ㄱ. 모양과 기능이 비슷한 근육세포들이 모여 근육조직(㉡)을 이룬다. 근육조직은 몸의 근육이나 기관을 구성하여 몸의 움직임에 관여한다.
바로알기 | ㄴ. 동물에 속하는 사람은 여러 조직이 모여 고유한 형태와 기능을 나타내는 기관을, 연관된 기능을 하는 여러 기관이 모여 기관계를 형성한다. 동물의 조직에는 상피조직(㉠), 근육조직(㉡), 신경조직(㉢) 외에 결합조직이 있다.
ㄷ. 위(ⓐ), 작은창자, 큰창자 등 소화에 관여하는 기관이 모여 소화계를 이룬다. 신경계(ⓑ)는 뇌, 척수로 구성되며, 감각기관에서 보내는 정보를 받아들이고 이에 대해 적절히 반응하는 데 관여하는 기관계이다.

046 ㄱ. 사슴의 구성 단계에는 기관과 기관계가 모두 있지만, 참나무의 구성 단계에는 기관은 있지만 기관계는 없다. 따라서 (가)는 참나무, (나)는 사슴이고, A는 기관, B는 기관계이다. 따라서 ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.
바로알기 | ㄴ. 참나무(가)와 사슴(나)은 서로 다른 종이므로 각기 다른 개체군에 속한다.
ㄷ. 참나무(가)의 울타리조직은 조직에, 사슴(나)의 심장은 기관에 해당한다.

047 (가)는 개체군, (나)는 군집, (다)는 생태계이다.
ㄱ. 세포에서부터 생태계에 이르기까지 생명 시스템의 각 단계는 구조적 체계를 이루고, 하나의 생명 시스템으로서 고유한 기능을 한다.

ㄴ. 군집(나)은 여러 개체군(가)의 무리로, 여러 종의 생물로 이루어진다.

바로알기 | ㄷ. 생태계(다)에는 빛, 공기, 물, 온도, 토양 등 생물을 둘러싸고 있는 환경요인인 비생물환경이 포함된다.

048 A는 세포, B는 조직, C는 기관, D는 개체, E는 개체군, F는 군집, G는 생태계이다.

① 생명 시스템의 구성 단계 각각은 하나의 생명 시스템으로서 고유한 기능을 한다.

③ 식물은 몇 가지 조직(B)이 모여 일정한 기능을 담당하는 조직계를 형성한다. 예를 들어 해면조직, 울타리조직 등이 모여 양분 합성과 저장 등을 수행하는 기본조직계를 이룬다.

④ 동물은 연관된 기능을 수행하는 기관(C)이 모여 기관계를 형성한다. 예를 들어 위, 작은창자, 큰창자 등 소화에 관여하는 기관이 모여 소화계를 이룬다.

⑤ 개체(D)는 독립적인 개별 생명체로, 물질대사, 항상성, 자극에 대한 반응, 발생과 성장, 생식과 유전, 적응과 진화와 같은 생물의 특성을 나타낸다.

⑥ 같은 생물종이라도 다른 지역에 서식하면 다른 개체군이다. 즉, 지리적으로 떨어져 있는 생물종은 각기 다른 개체군(E)에 속한다.

바로알기 | ② 단세포생물은 하나의 세포(A)로 구성되어 있어, 조직이나 기관과 같은 복잡하고 정교한 체계를 형성하지 않는다.

⑦ 군집은 일정한 지역에 사는 여러 개체군의 무리로, 군집(F)에는 생물 주변의 환경이 포함되지 않는다.

최고 수준 도전 기출 17쪽

049 ③ 050 ② 051 ⑤ 052 ③

049 ㄱ. 단백질이 암모니아로 분해되는 반응(㉠)은 이화작용의 예이고, 암모니아가 고분자물질인 요산으로 합성되는 반응(㉡)은 동화작용의 예이다. 모든 물질대사 과정에는 효소가 이용된다.

ㄴ. 암모니아는 독성이 강하고 배출에 많은 양의 물이 필요하므로 물이 풍부한 수중 환경에서는 몸 밖으로 쉽게 희석·배출할 수 있다. 따라서 어류 X는 질소 노폐물을 암모니아(ⓐ) 형태로 배출한다. 반면 요산은 배출 시 물의 손실을 최소화할 수 있으므로 건조한 환경에 사는 파충류 Y는 질소 노폐물을 요산(ⓑ) 형태로 배출한다. 이와 같이 생물의 서식 환경에 따라 배출하는 질소 노폐물의 종류가 달라지는 것은 적응과 진화의 예에 해당한다.

바로알기 | ㄷ. 암모니아를 배출하기 위해서는 체내에 많은 양의 물이 필요한데 이는 비행에 불리하므로, 조류인 벌새는 수분 손실을 줄이고 몸을 가볍게 유지할 수 있는 요산 형태로 질소 노폐물을 배출한다. 따라서 벌새는 질소 노폐물을 요산(ⓑ) 형태로 배출하는 것이 암모니아(ⓐ) 형태로 배출하는 것보다 비행에 더 유리하다.

050

생물 \ 특징	㉠	㉡	㉢	㉣
박테리오파지 A	ⓐ×	×	?○	×
대장균/아메바 B	×	ⓑ○	○	?○
아메바/대장균 C	×	○	ⓒ○	○
시금치 D	○	×	?○	ⓓ○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉣)
• 핵산을 갖는다. ➡ 대장균, 시금치, 아메바, 박테리오파지 ㉢
• 세포막을 갖는다. ➡ 대장균, 시금치, 아메바 ㉣
• 조직과 기관을 형성한다. ➡ 시금치 ㉠
• 분열법으로 자손을 만든다. ➡ 대장균, 아메바 ㉡

(나)

❶ 생물인 대장균, 시금치, 아메바와 바이러스인 박테리오파지 모두 유전물질인 핵산을 갖는다.

❷ 생물인 대장균, 시금치, 아메바는 세포막을 갖지만, 바이러스인 박테리오파지는 세포의 구조를 갖추고 있지 않으며 세포막으로 싸여 있지 않다.

❸ 다세포생물인 시금치는 세포－조직－기관－개체의 복잡하고 정교한 체계를 이루지만, 단세포생물인 대장균과 아메바는 하나의 세포로만 이루어져 있다.

❹ 대장균과 아메바는 세포분열로 새로운 개체를 만드는 분열법으로 증식하지만, 시금치는 암수 생식세포의 수정으로 자손을 만든다.

➡ A는 박테리오파지, D는 시금치이고, B와 C는 각각 대장균과 아메바 중 하나이다.

ㄴ. ㉠은 시금치(D)만 갖는 특징이므로 '조직과 기관을 형성한다.'이다.

바로알기 | ㄱ. ⓐ는 '×'이고 ⓑ~ⓓ는 '○'이므로, ⓐ~ⓓ 중 '○'는 3개이다.

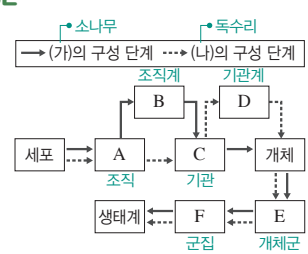
ㄷ. 세포분열을 통한 발생과 성장은 다세포생물에서 나타나는 생물의 특성이다.

051 ㄱ. 세균 여과기는 세균보다 작은 물질만 통과시켜 세균을 걸러내는 장치이다. (가)에서 여과액을 병원체에 감염되지 않은 살아 있는 담뱃잎에 발랐을 때 담배모자이크병이 나타났으므로, X가 여과액에 존재한다는 것을 알 수 있다. 즉, X는 세균 여과기를 통과했으므로 세균보다 크기가 작다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. (가)의 여과액에서 핵산과 단백질로 구성된 결정체를 추출했으므로, X는 유전물질인 핵산과 단백질로 구성되며 숙주세포 밖에서는 활성이 없는 입자인 바이러스라는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 바이러스는 살아 있는 숙주세포 안에서만 증식이 가능한데, (나)에서 추출한 결정체를 배지 B에 넣었을 때에만 X가 대량으로 증식하였다. 따라서 A는 담뱃잎 세포가 없는 배지이고, B는 건강한 담뱃잎 세포가 있는 배지이다.

052



구성 단계	예
기관계(D) ㉠	순환계
조직(A) ㉡	표피조직
기관(C) ㉢	작은창자
조직계(B) ㉣	?

A는 조직, B는 조직계, C는 기관, D는 기관계, E는 개체군, F는 군집이므로, (가)는 식물인 소나무이고, (나)는 동물인 독수리이다.

ㄱ. 소나무(가)와 독수리(나)는 각기 다른 개체군(E)에 속한다.

ㄴ. ㉠은 기관계, ㉡은 조직, ㉢은 기관, ㉣은 조직계이다. 기관계(㉠), 조직(㉡), 기관(㉢)은 독수리(나)의 구성 단계 중 일부이다.

바로알기 | ㄷ. 적혈구는 핵이 없지만 세포막으로 둘러싸인 하나의 세포 단위이다.

03 물질대사와 에너지

빈출 자료 보기 19쪽

053 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

054 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) ×

053 (1) 세포소기관 X는 세포호흡이 일어나는 장소이므로 마이토콘드리아이다.

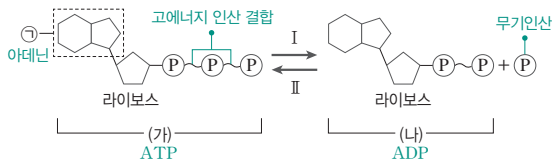
(2) 세포호흡은 포도당과 같이 크고 복잡한 물질을 이산화 탄소(CO_2)나 물(H_2O)과 같이 작고 간단한 물질로 분해하는 이화작용에 해당한다.

(4) 세포호흡에서 포도당은 산소(㉠)에 의해 산화되어 물과 이산화 탄소(㉡)로 분해된다. 이산화 탄소(㉡)는 호흡계에 속한 폐를 통해 몸 밖으로 나간다.

바로알기 | (3) 세포호흡이 일어날 때 포도당은 산소(O_2)와 반응하여 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2)로 최종 분해되므로 ㉠은 산소이고, ㉡은 이산화 탄소이다.

(5) 세포호흡에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

054



(1) ATP는 아데닌과 라이보스가 결합한 아데노신에 인산기 3개가 결합한 화합물이고, ADP는 아데노신에 인산기 2개가 결합한 화합물이므로 라이보스에 결합한 ㉠은 아데닌이다.

(4), (5) 과정 Ⅰ에서 ATP(가)의 인산기와 인산기 사이의 결합이 끊어져 ADP(나)와 무기인산으로 분해되면서 에너지가 방출된다. 이때 방출된 에너지는 근육 운동, 체온 유지 등의 다양한 생명활동에 사용된다.

(6) 마이토콘드리아에서는 세포호흡이 일어나 ADP(나)와 무기인산이 ATP(가)로 합성(Ⅱ)된다.

바로알기 | (2), (3) 인산 결합의 수는 ATP에서 2이고, ADP에서 1이므로 (가)는 ATP, (나)는 ADP이다. 따라서 ATP(가)는 ADP(나)보다 인산 결합의 수가 더 많다.

(7) ADP(나)와 무기인산은 에너지를 흡수하여 ATP(가)로 합성(Ⅱ)된다.

난이도별 필수 기출 20쪽~25쪽

055 ④, ⑤ 056 해설 참조 057 (가), (나)
058 ④ 059 ② 060 ③ 061 ② 062 ③ 063 ⑤
064 ⑤ 065 ④ 066 ④ 067 ② 068 ③ 069 ②
070 ④ 071 ⑤ 072 ④ 073 ⑤ 074 ③ 075 ①
076 ③ 077 콜레스테롤 078 해설 참조 079 ⑤
080 ⑤ 081 ④

055 ①, ② 물질대사는 생명체에서 일어나는 모든 화학 반응으로, 물질대사가 일어날 때는 생체 촉매인 효소가 이용된다.

③ 이화작용은 크고 복잡한 물질을 작고 간단한 물질로 분해하는 반응으로, 예로 포도당을 물과 이산화 탄소로 분해하는 세포호흡이 있다.

⑥ 세포에서는 작고 간단한 물질인 아미노산을 결합하여 크고 복잡한 물질인 단백질로 합성하며, 이는 물질대사 중 동화작용에 해당한다.

바로알기 | ④ 글라이코젠과 같이 크고 복잡한 물질을 포도당과 같이 작고 간단한 물질로 분해하는 반응은 이화작용에 해당한다.

⑤ 물질대사가 일어날 때는 반드시 에너지의 출입이 일어나며, 동화작용은 에너지가 흡수되는 흡열 반응이고, 이화작용은 에너지가 방출되는 발열 반응이다.

056 모범 답안 • 이산화 탄소와 물로 변하는 화학 반응이 일어나며, 이는 물질대사의 예에 해당하지 않습니다.
• 아미노산이 결합하여 단백질이 합성되는데, 이 과정에서 에너지가 흡수됩니다.

해설 물질대사는 생명체에서 일어나는 화학 반응이므로, 생명체 밖에서 일어나는 양초의 연소는 물질대사가 아니다. 아미노산은 결합할 때 에너지를 흡수하여 단백질로 합성되고 이는 동화작용에 해당한다.

채점 기준	배점
학생 A와 B의 발표 내용을 모두 옳게 고친 경우	100 %
학생 A와 B 중 한 사람의 발표 내용만 옳게 고친 경우	50 %

057 (가), (나) 광합성과 DNA 합성은 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 동화작용에 해당한다.

바로알기 | (다) 영양소의 소화는 크고 복잡한 물질을 작고 간단한 물질로 분해하는 이화작용에 해당한다.

058 ㄴ. 동화작용이 일어날 때는 에너지가 흡수되고, 이화작용이 일어날 때는 에너지가 방출된다.

ㄷ. 동화작용과 이화작용은 모두 생명체에서 일어나는 물질대사이므로, 반응이 일어날 때 생체 촉매인 효소가 이용된다.

바로알기 | ㄱ. 동화작용은 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정이므로 A는 크고 복잡한 물질이고, B는 작고 간단한 물질이다.

059 (가)는 반응물이 생성물보다 한 분자당 에너지양이 적으므로 흡열 반응에서의 에너지 변화이고, (나)는 반응물이 생성물보다 한 분자당 에너지양이 많으므로 발열 반응에서의 에너지 변화이다.

ㄴ. 광합성은 빛에너지를 흡수하여 물과 이산화 탄소를 포도당으로 합성하는 흡열 반응이므로 (가)와 같은 에너지 변화가 나타난다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 동화작용, (나)는 이화작용이 일어날 때의 에너지 변화이다.

ㄷ. (나)에서 반응물은 생성물보다 한 분자당 에너지양이 많다.

060 ㄱ. (가)는 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 포도당으로 합성하는 광합성이고, (나)는 포도당을 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)로 분해하는 세포호흡이다.

ㄴ. 광합성(가)은 엽록체에서 일어나고, 세포호흡(나)은 주로 마이토콘드리아에서 일어난다. 식물 세포에는 마이토콘드리아와 엽록체가 모두 있으므로 광합성(가)과 세포호흡(나)이 모두 일어난다.

바로알기 | ㄷ. 광합성(가)에서 흡수된 빛에너지가 포도당의 화학 에너지로 전환된다. 세포호흡(나)에서 포도당이 분해되면서 방출된 에너지의 일부는 ATP의 화학 에너지로 저장되고 나머지는 열로 방출된다.

061 ㄷ. A와 B 모두 생명체에서 일어나는 물질대사이므로 반응이 일어날 때 생체 촉매인 효소가 이용된다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 글라이코젠을 포도당으로 분해하는 과정(A)과 에탄올을 이산화 탄소와 물로 분해하는 과정(B)은 모두 이화작용에 해당한다. 이화작용이 일어날 때는 에너지가 방출된다.

062 ㄱ, ㄴ. 과정 Ⅰ은 크고 복잡한 물질인 녹말을 작고 간단한 물질인 포도당으로 분해하는 과정이므로, 과정 Ⅰ에서 이화작용이 일어난다.
ㄷ. (나)는 반응물이 생성물보다 한 분자당 에너지양이 적으므로 흡열 반응인 동화작용에서 나타나는 에너지 변화이다. 과정 Ⅱ는 작고 간단한 물질인 아미노산을 결합하여 크고 복잡한 물질인 단백질로 합성하는 과정이므로 동화작용이고, (나)와 같은 에너지 변화가 나타난다.
바로알기 | ㄹ. (나)는 반응물이 생성물보다 한 분자당 에너지양이 적으므로 (나)와 같은 에너지 변화가 나타나는 반응이 일어나면 에너지가 흡수된다.

063 (가)는 영양소인 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 과정으로, 세포호흡이다.
ㄱ. 세포호흡(가)은 생명체에서 일어나는 물질대사이므로, 생체 촉매인 효소가 이용된다.
ㄴ. 세포호흡(가)이 일어날 때 방출된 에너지(ⓐ)의 일부는 ATP에 저장되고 나머지는 열로 방출되는데, 이때 방출된 열이 체온 유지에 이용된다. 또한 ATP를 분해할 때 ATP의 화학 에너지가 열로 전환되어 체온 유지에 이용되기도 한다.
ㄷ. 세포호흡(가)은 주로 마이토콘드리아에서 일어나고 마이토콘드리아는 동물 세포와 식물 세포에 모두 존재하므로, 세포호흡은 동물 세포와 식물 세포에서 모두 일어난다.

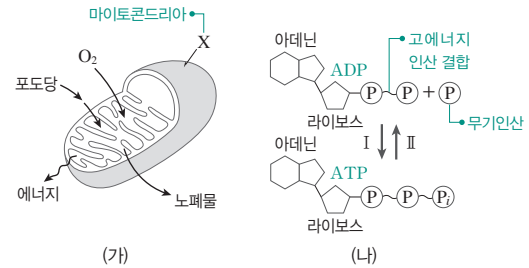
064 ㄱ. 세포호흡이 일어날 때 에너지가 방출되므로, 세포호흡은 발열 반응이다.
ㄴ. 마이토콘드리아에서 일어나는 세포호흡은 크고 복잡한 물질인 포도당을 작고 간단한 물질인 이산화 탄소와 물로 분해하므로 이화작용에 해당한다.
ㄷ. ATP는 아데노신에 3개의 인산기가 결합된 구조이다. 인산기의 구성 원소에는 인(P)이 포함되므로 ATP의 구성 원소에도 인(P)이 포함된다.

065 ㄱ. (가)는 수많은 포도당이 결합한 녹말(다당류)을 포도당 2분자가 결합한 엿당(이당류)으로 분해하는 과정으로, 에너지가 방출되는 이화작용에 해당한다.
ㄷ. 포도당은 세포호흡을 통해 물과 이산화 탄소(㉠)로 분해된다. 이산화 탄소(㉠)는 호흡계에 속하는 폐로 운반되고 날숨을 통해 몸 밖으로 나간다.
바로알기 | ㄴ. 세포호흡(나)이 일어날 때 방출된 에너지의 일부만 ATP에 저장되고 나머지는 열로 방출된다.

066 ㄱ. 세포호흡은 생명체에서 일어나는 화학 반응으로, 여러 단계에 걸쳐 에너지가 소량씩 방출된다. 따라서 (가)는 주로 마이토콘드리아에서 일어나는 세포호흡이다.
ㄴ. 세포호흡(가)과 연소(나)에서 모두 포도당이 산화되므로, 모두 산소가 필요하다.
ㄹ. 세포호흡(가)은 효소의 작용으로 체온 정도의 낮은 온도에서 일어난다. 반면 포도당의 연소(나)는 약 400 ℃ 이상의 고온에서 일어난다. 따라서 세포호흡(가)은 연소(나)보다 낮은 온도에서 일어난다.
바로알기 | ㄷ. 같은 양의 포도당이 분해될 때 (가)와 (나)에서 방출되는 에너지양은 같지만, 세포호흡(가)에서는 방출된 에너지의 일부만 ATP에 저장되므로, 세포호흡(가)을 통해 ATP에 저장되는 에너지양은 연소(나)를 통해 방출되는 에너지양보다 적다.

067 ㉠은 아데노신에 인산기 3개가 결합한 ATP이고, ㉡은 아데노신에 인산기 2개가 결합한 ADP이다.
ㄴ. 과정 Ⅰ은 ATP(㉠)가 ADP(㉡)와 무기인산으로 분해되면서 에너지가 방출되는 이화작용이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 ATP이고, ㉡은 ADP이다.
ㄷ. 한 분자당 저장된 에너지양은 ATP(㉠)가 ADP(㉡)보다 많다. 따라서 과정 Ⅱ에서 한 분자당 저장된 에너지양은 반응물인 ADP(㉡)가 생성물인 ATP(㉠)보다 적다.

068

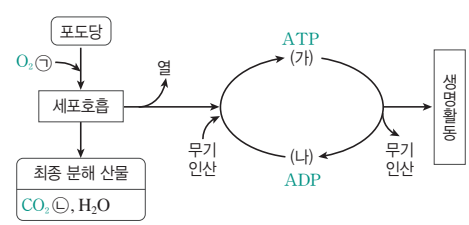


ㄴ. 세포소기관 X는 세포호흡이 일어나는 마이토콘드리아이다. 세포호흡이 일어날 때 ATP가 합성되므로, X에서 과정 Ⅰ이 일어난다.
ㄹ. 과정 Ⅱ에서 ATP는 인산기와 인산기 사이의 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 ADP와 무기인산으로 분해된다.
바로알기 | ㄱ. 포도당의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이며, 세포호흡으로 포도당을 분해하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)이 생성된다. 따라서 세포호흡으로 포도당을 분해(가)할 때 생성되는 노폐물에는 암모니아(NH_3)가 없다. 암모니아는 아미노산과 같이 질소(N)를 포함한 영양소를 세포호흡으로 분해할 때 생성된다.
ㄷ. ATP가 ADP로 분해되는 과정(Ⅱ)에서는 에너지가 방출된다.

069 ㉠은 에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 광합성이고, ㉡은 포도당을 이산화 탄소(ⓑ)와 물로 분해하는 세포호흡이다.
ㄷ. 한 분자당 인산기와 인산기 사이의 결합 수는 ATP가 ADP보다 많으므로 X는 ADP이고, Y는 ATP이다. 세포호흡(㉡)에서 방출된 에너지의 일부는 ATP(Y)가 합성되는 과정(Ⅰ)에 사용된다.
바로알기 | ㄱ. 포도당은 세포호흡(㉡) 과정에서 산소와 반응하여 이산화 탄소(ⓑ)와 물로 분해되므로, ⓐ는 산소이다.
ㄴ. 광합성(㉠)은 동화작용, 세포호흡(㉡)은 이화작용에 해당한다.

070 ㄴ. 세포호흡이 일어날 때 방출되는 에너지 중 일부(E_2)는 ATP에 저장되고, 나머지(E_1)는 열로 방출된다.
ㄷ. ATP가 ADP와 무기인산(P)으로 분해될 때 방출되는 에너지(E_3)는 체온 유지, 근육 운동 등 다양한 생명활동에 사용된다.
바로알기 | ㄱ. 세포호흡이 일어날 때 에너지(E_1, E_2)가 방출된다.

071



① ㉠은 산소(O_2), ㉡은 이산화 탄소(CO_2)이다.
②, ③ 세포호흡으로 포도당이 분해될 때는 에너지가 방출되므로 세포호흡은 이화작용에 해당한다. 이때 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되므로, (가)는 ATP이고, (나)는 ADP이다.
④ ATP(가)에서 고에너지 인산 결합의 수는 2이고, ADP(나)에서 고에너지 인산 결합의 수는 1이다.

바로알기 | ⑤ 포도당이 분해되면서 방출된 에너지가 모두 ATP(가)에 저장되는 것은 아니다. 일부만 ATP(가)에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

072 ㄱ. 단백질은 구성 원소로 질소(N)를 포함하고 있어 세포호흡으로 최종 분해될 때 암모니아(NH_3)와 같은 질소 노폐물(ⓐ)이 생성된다. 따라서 ㉠은 단백질이다. 단백질(㉠)이 세포호흡에 의해 분해(가)되는 것은 이화작용에 해당하며 에너지가 방출되는 발열 반응이다.
ㄷ. 세포호흡 과정에서 방출된 에너지의 일부가 저장되는 ㉡은 ATP이며, ATP가 분해되어 생성되는 ㉢은 ADP이다. 세포호흡은 주로 마이토콘드리아에서 일어나며, 세포호흡 과정에서 ADP(㉢)와 무기인산은 에너지를 흡수하여 ATP(㉡)로 전환된다.
바로알기 | ㄴ. 포도당의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로, 질소(N)를 포함하고 있지 않으므로 포도당이 세포호흡으로 최종 분해될 때 질소 노폐물(ⓐ)은 생성되지 않는다.

073 ㄱ, ㄴ. ㉠은 세포호흡의 반응물인 포도당이다. 포도당(㉠)은 소화계(㉮)를 통해 흡수되어 조직 세포의 세포호흡에 사용되며, 세포호흡을 통해 물과 이산화 탄소(㉡)로 분해된다. 이때 생성된 이산화 탄소(㉡)는 호흡계(㉯)의 폐를 통해 몸 밖으로 나간다.
ㄷ. 세포호흡 결과 생성된 에너지(ⓐ)의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

074 ①, ② 대사성 질환은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 질환으로, 고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 통풍, 지방간 등이 있다.
④ 대사성 질환이 지속되면 뇌졸중과 같은 뇌혈관 질환이나 동맥경화, 심장마비 같은 심혈관계 질환이 발생할 수 있다.
⑤ 대사성 질환을 예방하기 위해서는 균형 잡힌 식사와 규칙적인 운동 등 올바른 생활 습관을 가져야 한다.
바로알기 | ③ 비만은 체지방이 과도하게 쌓인 상태로, 비만이 지속되면 대사성 질환이 유발되어 뇌혈관 질환이나 심혈관계 질환이 발생할 위험이 높아진다.

075 A. 당뇨병은 혈당량이 정상 범위보다 높은 상태가 지속되어 오줌에서 포도당이 검출되는 질환이다.
바로알기 | B. 물질대사의 이상으로 혈관의 구조와 기능이 영향을 받으면 혈압이 정상 범위보다 높은 고혈압이 나타날 수 있다.
C. 대사성 질환은 유전적 요인이나 환경요인에 의해 발생하며, 두 가지 요인이 함께 작용하여 발생하기도 한다.

076 ㄱ. (가)는 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 균형을 이루고 있는 상태이다.
ㄴ. (나)는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 에너지 과잉 상태로, 섭취한 영양소 중 남는 것을 지방으로 전환하여 저장하므로 (나)와 같은 상태가 지속되면 체중이 증가하여 비만이 되기 쉽다. 비만은 대사성 질환이 발생할 가능성을 높인다.
바로알기 | ㄷ. (다)는 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많은 에너지 부족 상태로, (다)와 같은 상태가 지속되면 에너지가 부족하여 체내에 저장된 지방이나 단백질을 분해하여 에너지를 얻는다. 그 결과 체중이 감소하고 심하면 영양실조에 걸릴 수 있다.

077 고지혈증은 혈액에 콜레스테롤이나 중성 지방이 정상보다 많이 존재하는 질환이다. 따라서 ㉠은 콜레스테롤이다.

078 모범 답안 콜레스테롤(㉠)과 같은 물질이 동맥의 안쪽 벽에 쌓이면 혈관이 좁아지고 혈관벽의 탄력이 떨어져 혈액의 흐름이 약해지는 동맥경화가 발생할 수 있다.

해설 고지혈증이 지속되면 동맥경화와 같은 심혈관계 질환이 발생할 수 있다.

채점 기준	배점
혈관의 지름 및 혈관벽의 탄력 변화로 인해 혈액의 흐름이 약해져 동맥경화가 발생한다고 옳게 서술한 경우	100 %
동맥경화가 발생한다고만 쓴 경우	30 %

079 ㄴ. (나)는 고지혈증이며, 고지혈증이 오래 지속되면 혈관 안쪽 벽에 콜레스테롤 등이 쌓여 혈관이 좁아지고 딱딱하게 굳어지는 동맥경화로 진행될 수 있다.
ㄷ. 통풍, 당뇨병, 고지혈증은 모두 대사성 질환에 해당한다.
바로알기 | ㄱ. (가)는 당뇨병이고, (다)는 통풍이다.

080 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적은 에너지 부족 상태가 지속되면 체중이 감소하고, 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 에너지 과잉 상태가 지속되면 체중이 증가한다. (가)에서 ㉠이 ㉡보다 적을 때 체중이 증가하였으므로 ㉠은 에너지 소비량이고, ㉡은 에너지 섭취량이다.
ㄴ. ⓐ는 간에 지방이 정상 범위보다 많이 축적된 지방간이다.
ㄷ. $\frac{㉠(\text{에너지 소비량})}{㉡(\text{에너지 섭취량})}$이 작을수록 에너지 섭취량(㉡)이 에너지 소비량(㉠)보다 많으므로, 체중이 증가하여 비만이 될 가능성이 높아진다.
바로알기 | ㄱ. C는 에너지 소비량(㉠)과 에너지 섭취량(㉡)이 균형을 이루므로, 체중이 증가하지 않는다.

081 균형 잡힌 식사하기, 규칙적으로 숙면하기, 자신에게 맞는 운동을 규칙적으로 하기, 일상 생활에서 활동량 늘리기 등의 올바른 생활 습관을 형성하여 대사성 질환을 예방할 수 있다.
바로알기 | ④ 대사성 질환을 예방하기 위해서는 열량이 높은 음식물의 섭취를 되도록 줄이고, 식사를 규칙적으로 하며 과식하지 않아야 한다.

04 기관계의 통합적 작용

빈출 자료 보기 27쪽

082 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

082 (1) A는 영양소를 분해하여 흡수하는 소화계, B는 산소를 흡수하고 이산화 탄소를 내보내는 호흡계, C는 노폐물을 오줌의 형태로 내보내는 배설계이다.
(2) 호흡계(B)에 속하는 기관을 이루는 세포에서는 세포호흡이 일어나며, 세포호흡은 물질대사 중 이화작용에 해당한다.
(3) 호흡계(B)의 폐를 통해 세포호흡에 필요한 산소가 들어오고, 세포호흡 결과 생성된 이산화 탄소가 몸 밖으로 나간다.
바로알기 | (4), (5) 암모니아를 요소로 전환하는 기관인 간은 소화계(A)에 속한다.
(6) 소화계(A)에서 흡수되지 않은 물질은 소화계에 속한 항문을 통해 대변의 형태로 몸 밖으로 나간다.

난이도별 필수 기출 28쪽~34쪽

083 ⑤	084 ③	085 ③	086 해설 참조		087 ②
088 ⑤	089 ①	090 ④	091 ⑤	092 ⑤	093 ④, ⑥
094 ②	095 ③	096 ③	097 해설 참조		098 ④
099 ②	100 ②	101 ④	102 ⑤	103 ⑤	104 ②
105 ②	106 ③	107 ③	108 ②	109 ②	

083 ㄱ, ㄴ. 음식물이 소화기관을 지나는 동안 효소의 작용으로 녹말은 포도당(㉠)으로, 단백질은 아미노산(㉡)으로, 지방은 지방산과 모노글리세리드(㉢)로 분해된다.
ㄷ. 모노글리세리드(㉢)와 같은 지용성영양소는 융털의 암죽관(B)으로 흡수되고, 포도당(㉠)과 아미노산(㉡) 같은 수용성영양소는 융털의 모세혈관(A)으로 흡수된다.

084 ㄱ, ㄴ. A는 간, B는 위, C는 큰창자이다. 간(A)을 이루는 세포에서 세포호흡이 일어나고 간(A)에서는 글라이코젠을 포도당으로 분해하는 반응도 일어나므로, 간(A)에서는 이화작용이 일어난다.
바로알기 | ㄷ. 소화된 영양소의 대부분은 작은창자에서 흡수된다.

085 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액은 녹말과 반응하여 청람색을 띠고, 뷰렛 용액은 단백질과 반응하여 보라색을 띤다.
ㄱ. (라)의 Ⅰ에서 청람색이 사라진 것은 X에 녹말분해효소가 들어 있어 녹말이 분해되었기 때문이고, (라)의 Ⅳ에서 보라색이 옅어진 것은 X에 단백질분해효소가 들어 있어 단백질이 분해되었기 때문이다. 따라서 X에는 단백질분해효소와 녹말분해효소 모두가 들어 있다.
ㄴ. (라)의 Ⅱ에서는 청람색이 사라지는 것은 녹말이 분해되었기 때문이다. 반면 (라)의 Ⅴ에서는 단백질이 분해되지 않아 Ⅳ와 같이 색깔 변화가 나타나지 않았으므로, Y는 녹말분해효소이다.
바로알기 | ㄷ. (라)의 Ⅴ와 Ⅵ에서는 단백질이 분해되지 않아 Ⅳ와 같이 색깔 변화가 나타나지 않았으므로, 단백질의 분해 산물인 아미노산이 검출되지 않는다.

086 **모범 답안** 시험관 Ⅰ에서는 색깔 변화가 나타나지 않았지만, 시험관 Ⅱ에서는 아밀레이스에 의해 녹말이 분해되어 청람색이 사라졌다. 시험관 Ⅲ에서도 시험관 Ⅱ에서와 같은 결과가 나타났으므로 침 속에는 녹말을 분해하는 효소가 들어 있다.
해설 녹말 용액에 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 떨어뜨리면 용액이 청람색을 띠고, 녹말이 분해되면 청람색이 사라진다.

채점 기준	배점
색깔 변화를 근거로 침 속에 녹말을 분해하는 효소가 들어 있다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
침 속에 녹말을 분해하는 효소가 들어 있다고만 서술한 경우	30 %

087 셀로판 튜브는 녹말과 같이 크기가 큰 물질은 통과하지 못하지만 엿당과 같이 크기가 작은 물질은 통과할 수 있다. 베네딕트 용액은 엿당과 반응하여 황적색을 띠므로, (바)에서 색깔 변화가 나타난 시험관은 녹말이 분해되어 생성된 엿당이 셀로판 튜브를 통과하여 비커의 용액으로 이동하였음을 알 수 있다.
ㄴ. 시험관 ㉡에서만 색깔 변화가 나타났으며, 이는 셀로판 튜브 B에서 녹말이 분해되어 생성된 엿당이 셀로판 튜브를 통과해 비커 Ⅱ의 용액으로 이동하였기 때문이다. 따라서 X에는 녹말을 분해하는 효소가 있다.
바로알기 | ㄱ. (바)에서 색깔 변화가 나타나지 않은 시험관은 ㉠이므로, (다)에서 증류수를 넣은 셀로판 튜브는 A이다.
ㄷ. 녹말은 셀로판 튜브를 통과하지 못하므로, (마)의 비커 Ⅰ의 용액은 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 떨어뜨려도 청람색을 띠지 않는다.

088 ㄱ. A는 위, B는 폐이다.
ㄴ. 폐(B)는 수많은 허파꽈리로 이루어져 있어 공기와 접하는 표면적이 넓어 효율적으로 가스교환이 일어난다.
ㄷ. 호흡계(나)에서 흡수한 산소 중 일부는 위(A)를 포함한 소화계(가)의 여러 기관을 구성하는 세포에서 사용된다.

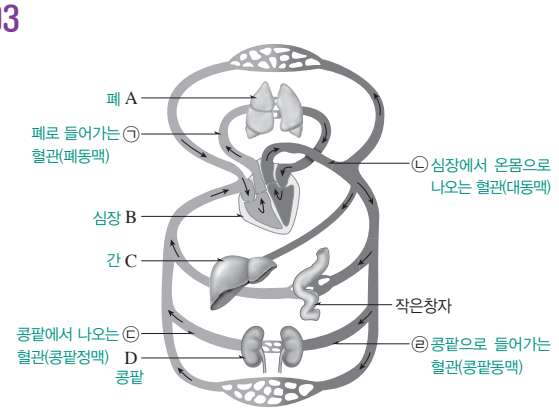
089 ㄱ. 모세혈관에서 허파꽈리로 이동하는 ⓐ는 이산화 탄소(CO_2)이고, 허파꽈리에서 모세혈관으로 이동하는 ⓑ는 산소(O_2)이다.
바로알기 | ㄴ. 이산화 탄소(ⓐ)는 모세혈관에서 허파꽈리로 확산되므로, 혈액의 단위 부피당 이산화 탄소(ⓐ)의 양은 허파꽈리를 거친 후의 혈액(나)에서가 허파꽈리를 거치기 전의 혈액 (가)에서보다 적다.
ㄷ. 허파꽈리와 모세혈관 사이에서 이산화 탄소(ⓐ)와 산소(ⓑ)의 이동은 확산에 의한 이동이므로, 이때 ATP가 소모되지 않는다.

090 ㉠은 허파꽈리에서 모세혈관으로, 모세혈관에서 조직 세포로 이동하므로 산소(O_2)이다. ㉡은 조직 세포에서 모세혈관으로, 모세혈관에서 허파꽈리로 이동하므로 이산화 탄소(CO_2)이다.
ㄱ. 산소(㉠)는 주로 적혈구에 의해 이동하고, 이산화 탄소(㉡)는 혈액의 혈장에 포함되어 이동한다.
ㄴ. 허파꽈리와 주변 모세혈관 사이에서 산소(㉠)와 이산화 탄소(㉡)는 모두 기체의 분압 차에 의한 확산에 의해 이동한다.
바로알기 | ㄷ. 산소의 분압은 A에서가 B에서보다 높으므로 혈액의 단위 부피당 산소의 양은 A에서가 B에서보다 많다. 이산화 탄소의 분압은 B에서가 A에서보다 높으므로, 혈액의 단위 부피당 이산화 탄소의 양은 B에서가 A에서보다 많다. 따라서 혈액의 단위 부피당 $\frac{\text{산소의 양}}{\text{이산화 탄소의 양}}$은 A에서가 B에서보다 크다.

091 ㄱ. 심장은 순환계에 속하는 기관이고, 폐는 호흡계에 속하는 기관이므로, A는 순환계, B는 소화계, C는 호흡계이다.
ㄴ. 큰창자는 소화계(B)에 속하는 기관이므로, ㉠에 해당한다.
ㄷ. 산소는 들숨으로 호흡계(C)의 폐를 통해 몸속으로 들어온다.

092 ㄱ. 순환계에 속하는 기관에는 동맥과 정맥 같은 혈관, 심장 등이 있다. ㉠과 ㉡은 혈관이므로, 순환계에 속한다.
ㄴ. 심장에서 나온 혈액이 폐로 들어가고 폐에서 나온 혈액이 다시 심장으로 들어가므로, A는 폐이다. 폐(A)는 수많은 허파꽈리로 이루어져 있어 공기와 접하는 표면적이 넓어 가스교환이 효율적으로 일어난다.
ㄷ. 작은창자의 융털을 통해 체내로 흡수된 포도당의 일부는 순환계를 통해 간(B)으로 운반되어 간을 구성하는 세포로 전달되어 세포호흡에 필요한 영양소가 공급된다.

093

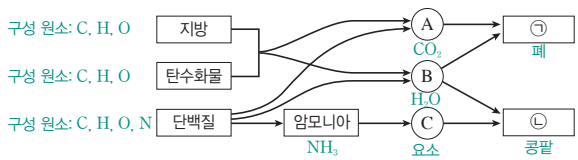


① 폐(A)는 호흡계에 속하는 기관이다.
② 심장(B)은 혈액을 몸 전체로 보내는 기관으로, 소화계에서 흡수한 영양소를 온몸의 조직 세포로 운반하는 데 관여한다.
③ 간(C)과 작은창자는 모두 소화계에 속하는 기관이다.
⑤ 폐에서 산소를 흡수하므로, 혈액의 단위 부피당 산소 양은 폐를 거치기 전인 ㉠에서가 폐를 거친 후인 ㉡에서보다 적다.
바로알기 | ④ 암모니아가 요소로 전환되는 기관은 간(C)이다.
⑥ 콩팥(D)에서 요소를 걸러 몸 밖으로 내보내므로, 혈액의 단위 부피당 요소의 양은 콩팥(D)으로 들어가는 혈관(㉣)에서가 콩팥(D)에서 나오는 혈관(㉢)에서보다 많다.

094 (가)는 '심장에서 나와 온몸을 순환하는 경로'이고, (나)는 '심장에서 나와 폐를 순환하는 경로'이다.
ㄴ. 세포호흡에 필요한 산소는 심장에서 나오는 A를 통해 온몸의 조직 세포로 운반된다.
바로알기 | ㄱ. 심장에서 나온 혈액이 조직 세포에 영양소와 산소를 공급하고 노폐물과 이산화 탄소를 받아 심장으로 돌아가므로, (가)에서 동맥피가 정맥피로 된다.
ㄷ. 혈액이 폐를 거치는 동안 허파꽈리에서 모세혈관으로 산소가 이동하고, 모세혈관에서 허파꽈리로 이산화 탄소가 이동한다. B에는 폐를 거치기 전의 혈액이 흐르고, D에는 폐를 거친 후의 혈액이 흐른다. 따라서 산소의 양은 B보다 D에서 더 많고, 이산화 탄소의 양은 B보다 D에서 더 적다.

095 ㄱ. A는 소화계, B는 순환계이다. 사람의 소화계에는 음식물이 직접 지나가며 영양소가 소화되는 소화관과 소화액을 생성·분비하여 소화를 돕는 기관이 포함된다.
ㄷ. 배설계(C)는 요소와 물을 오줌의 형태로 내보내는 데 관여하는 기관들의 모임이다. 따라서 ㉠은 '노폐물을 오줌으로 내보낸다.'가 될 수 있다.
바로알기 | ㄴ. 콩팥은 혈액을 걸러 오줌을 생성하는 기관으로, 방광, 요도 등과 함께 배설계에 속한다. 순환계(B)에 속하는 기관에는 동맥과 정맥 같은 혈관, 심장 등이 있다.

096



지방과 탄수화물은 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이루어져 있으며, 단백질은 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)로 이루어져 있다. 따라서 지방, 탄수화물, 단백질의 분해 과정에서 이산화 탄소(CO_2), 물(H_2O)이 공통으로 생성되고, 단백질의 분해 과정에서 암모니아(NH_3)가 생성된다. 이때 생성된 암모니아는 간에서 독성이 약한 요소로 전환된다.
ㄱ. A는 지방, 탄수화물, 단백질의 분해 과정에서 모두 생성되고, ㉠을 통해서만 몸 밖으로 나가므로, A는 이산화 탄소이고, ㉠은 폐이다.
ㄴ. 물(B)은 폐(㉠)에서 기체 상태인 수증기로 날숨의 형태로, 콩팥(㉡)에서 액체 상태인 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다.
바로알기 | ㄷ. 독성이 강한 암모니아는 간에서 독성이 약한 요소(C)로 전환된다.

097 모범 답안 혈액의 단위 부피당 암모니아의 농도는 간(A)으로 들어가는 ㉡에서가 간에서 나오는 ㉠에서보다 높다. 이는 간(A)에서 암모니아가 요소로 전환되기 때문이다.

채점 기준	배점
혈액 ㉠과 ㉡에서의 단위 부피당 암모니아 농도를 비교하고, 그 까닭을 간에서의 암모니아 전환 과정과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
혈액 ㉠과 ㉡에서의 단위 부피당 암모니아 농도만 옳게 비교한 경우	30 %

098 단백질은 구성 원소로 질소(N)를 포함하고 있어, 단백질이 물질대사에 이용되면 질소 노폐물인 암모니아(NH_3)가 생성된다. 따라서 A는 단백질이고, B는 단백질의 단위체인 아미노산이다. 요소는 배설계를 통해 오줌의 형태로 몸 밖으로 나가므로, (가)는 호흡계, (나)는 배설계이다.
ㄴ. 사람에서 단백질(A)이 아미노산(B)으로 분해되는 과정(㉠)은 물질대사이므로, 효소가 이용된다.
ㄷ. 소화계, 호흡계(가), 배설계(나)는 순환계를 중심으로 서로 유기적으로 연결되어 있다.
바로알기 | ㄱ. 분자의 크기가 큰 단백질(A)은 세포막을 통과하지 못하므로, 작은창자 융털의 모세혈관으로 흡수되지 못한다.

099 ㄴ. 폐에서 이산화 탄소를 몸 밖으로 내보내므로, 혈액의 단위 부피당 이산화 탄소의 양은 폐를 거친 후인 C에서가 폐를 거치기 전인 D에서보다 적다.
바로알기 | ㄱ. 암모니아는 간에서 요소로 전환되므로 혈액의 단위 부피당 암모니아의 양은 간을 거친 후인 A에서가 간을 거치기 전인 B에서보다 적다.
ㄷ. 콩팥에서 혈액 속 요소가 걸러져 오줌의 형태로 몸 밖으로 나가므로, 혈액의 단위 부피당 요소의 양은 콩팥을 거친 후인 E에서가 콩팥을 거치기 전인 F에서보다 적다.

100

이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)은 산소(O)를 구성 원소로 가진다. ➡ ㉢은 산소(O)이고, B는 산소(O)를 갖지 않는 암모니아(NH_3)이다.

물질 \ 구성 원소	㉠ 질소(N)	㉡ 탄소(C)	㉢ 산소(O)
물(H_2O) A	ⓐ ×	×	○
암모니아(NH_3) B	○	×	? ×
이산화 탄소(CO_2) C	? ×	○	○
단백질	? ○	ⓑ ○	? ○

(○: 있음, ×: 없음)

이산화 탄소(CO_2)는 탄소(C)를 구성 원소로 가지고, 물(H_2O)은 탄소(C)를 구성 원소로 갖지 않는다. ➡ ㉡은 탄소(C)이고, A는 물(H_2O), C는 이산화 탄소(CO_2)이다.

ㄷ. 지방은 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이루어져 있으므로, 지방이 최종 분해되면 물(A)과 이산화 탄소(C)가 생성된다.
바로알기 | ㄱ. 물(H_2O)은 질소(N, ㉠)를 구성 원소로 갖지 않으므로 ⓐ는 '×'이고, 단백질은 탄소(C, ㉡)를 구성 원소로 가지므로 ⓑ는 '○'이다.
ㄴ. 질소 노폐물은 암모니아, 요소 등과 같이 질소(N)를 포함하는 노폐물이다. 물(H_2O)은 구성 원소로 질소(N)를 갖지 않으므로 질소 노폐물에 해당하지 않는다.

101 ㄱ. 표에서 단백질은 B와 C에서 모두 0 %이므로 이를 통해서 단백질은 A에서 B로 여과되지 않았음을 알 수 있다. 단백질과 같이 분자의 크기가 큰 물질은 여과되지 않는다.
ㄴ. 포도당은 A와 B에서는 모두 0.1 %이지만, C에서는 0 %이다. 이를 통해서 포도당은 A에서 B로 여과된 후 모두 모세혈관으로 재흡수된다는 것을 알 수 있다.
ㄹ. 포도당과 단백질은 모두 C에서 0 %이므로, 오줌에서 발견되지 않는다.
바로알기 | ㄷ. 요소는 콩팥에서 걸러져 오줌의 형태로 몸 밖으로 나가므로 요소의 농도는 콩팥에서 나오는 혈액(㉡)에서가 콩팥으로 들어가는 혈액(㉠)에서보다 낮다.

102 ㄱ. (가)는 순환계, (나)는 배설계, (다)는 소화계, (라)는 호흡계이다.
ㄴ. 소화계(다)에서 흡수된 영양소는 순환계(가)를 통해 온몸의 조직 세포로 운반된다.
ㄷ. 호흡계(라)에 속하는 폐에 들어온 공기 중의 산소는 허파꽈리에서 주변의 모세혈관으로 확산하고, 혈액 속 이산화 탄소는 모세혈관에서 허파꽈리로 확산하는 가스교환이 일어난다.

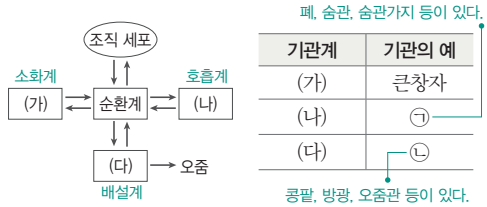
103 (가)는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 배설계이다.
ㄱ. 소화계(가)에서는 영양소의 소화가 일어날 뿐만 아니라 소화계(가)에 속하는 기관을 이루는 세포에서 세포호흡이 일어나므로, 소화계(가)에서는 이화작용이 일어난다.
ㄴ. 소화계(가)에서 흡수된 포도당의 일부는 순환계를 통해 호흡계(나)로 운반된 후 호흡계(나)를 이루는 조직 세포의 세포호흡에 사용된다.
ㄷ. 배설계(다)를 통해 물과 요소가 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다.

104 '질소 노폐물과 여분의 물을 오줌의 형태로 몸 밖으로 내보낸다.'는 배설계에만 해당하는 특징이므로, B는 배설계이다. '세포호흡에 필요한 영양소와 산소를 온몸의 조직 세포로 운반한다.'는 순환계에만 해당하는 특징이므로, A는 순환계이다. 따라서 C는 소화계이다.
ㄴ. ⓐ는 소화계(C)에만 해당하는 특징이므로, '음식물을 분해하여 영양소를 흡수한다.'는 ⓐ에 해당한다.
바로알기 | ㄱ. 소화계(C)는 '질소 노폐물과 여분의 물을 오줌의 형태로 몸 밖으로 내보낸다.'에 해당하지 않으므로 ㉠은 '×'이다.
ㄷ. 오줌을 저장하는 기관은 방광으로, 방광은 배설계(B)에 속한다.

105 ㄷ. 호흡계(C)를 통해 들어온 산소의 일부는 순환계(B)를 통해 배설계(D)로 운반된 후 배설계(D)의 여러 기관을 구성하는 조직 세포의 세포호흡에 사용된다.
바로알기 | ㄱ. 소화계(A)에서 흡수되지 않은 물질은 소화계(A)의 큰창자를 거쳐 항문을 통해 대변의 형태로 몸 밖으로 나간다.
ㄴ. A는 소화계, B는 순환계, C는 호흡계, D는 배설계이다.

106 A는 배설계, B는 순환계, C는 소화계이다.
ㄱ. 배설계(A)는 질소 노폐물인 요소를 오줌의 형태로 몸 밖으로 내보내므로, 오줌은 ⓐ에 해당한다.
ㄴ. 순환계(B)를 이루는 기관에는 심장, 동맥, 정맥 등이 있다.
바로알기 | ㄷ. 영양소가 세포호흡으로 분해될 때 생성된 노폐물은 배설계(A)와 호흡계를 통해 몸 밖으로 나간다.

107



폐, 숨관, 숨관가지 등이 있다.

기관계	기관의 예
(가)	큰창자
(나)	㉠
(다)	㉡

콩팥, 방광, 오줌관 등이 있다.

(가)는 큰창자가 속하는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 오줌을 내보내는 배설계이다.
ㄱ. 폐는 호흡계(나)에 속하므로 ㉠에 해당한다.
ㄴ. 호흡계(나)를 구성하는 조직 세포에서 세포호흡이 일어난다.
바로알기 | ㄷ. 암모니아를 요소로 전환하는 기관은 간으로, 간은 소화계(가)에 속한다.

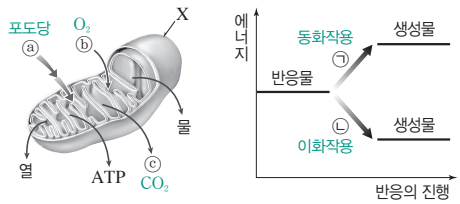
108 ㄴ, ㄷ. (가)는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 순환계이다. 숨관가지는 호흡계(나)에 속한다.
바로알기 | ㄱ. 소화계(가)에서 녹말은 포도당으로, 단백질은 아미노산으로, 지방은 지방산과 모노글리세리드로 분해된다.
ㄹ. 세포호흡에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

109 ㄱ. ㉠은 세포호흡에 필요한 산소(O_2)이고, ㉡은 세포호흡 결과 생성된 이산화 탄소(CO_2)이다.
ㄹ. A는 모세혈관에서 조직 세포로의 산소의 이동이고, B는 조직 세포에서 모세혈관으로의 이산화 탄소의 이동이다.
바로알기 | ㄴ. 모세혈관과 조직 세포 사이에서 가스교환은 기체 분압 차에 따른 확산으로 일어나므로, 모세혈관에서 산소(㉠)의 분압은 조직 세포에서 산소(㉠)의 분압보다 크다.
ㄷ. 확산에 의한 산소(㉠)와 이산화 탄소(㉡)의 이동에는 ATP가 소모되지 않는다.

최고 수준 도전 기출 35쪽

110 ④ 111 ④ 112 ㄱ, ㄴ 113 ⑤

110

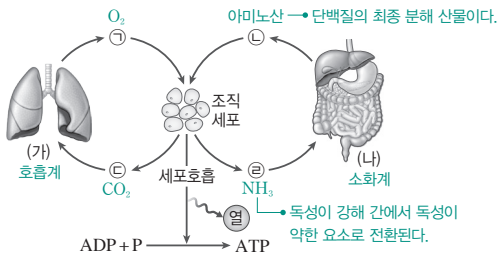


(가) (나)

세포호흡이 일어나는 X는 마이토콘드리아이다.
ㄴ. ㉠은 한 분자당 에너지양이 반응물보다 생성물이 많으므로 흡열 반응인 동화작용이고, ㉡은 한 분자당 에너지양이 반응물보다 생성물이 적으므로 발열 반응인 이화작용이다. 동화작용(㉠)과 이화작용(㉡) 모두 생명체에서 일어나는 물질대사이므로, 생체 촉매인 효소가 관여한다.
ㄷ. 마이토콘드리아(X)에서 일어나는 세포호흡은 이화작용에 해당하므로 ㉡과 같은 에너지 변화가 나타난다.
바로알기 | ㄱ. 세포호흡이 일어날 때 포도당(ⓐ)은 산소(ⓑ)와 반응하여 물과 이산화 탄소(ⓒ)로 분해되므로, 한 분자당 에너지양은 포도당(ⓐ)이 이산화 탄소(ⓒ)보다 많다.

111 ㉠은 에너지를 흡수하여 포도당을 합성하는 광합성, ㉡은 포도당을 분해하여 에너지를 얻는 세포호흡이다.
ㄴ. 과정 Ⅰ은 ADP와 무기인산이 세포호흡(㉡)에서 방출되는 에너지를 흡수하여 ATP로 합성되는 반응이다.
ㄷ. 세포호흡에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장된다. ATP에 저장된 에너지는 화학 에너지, 기계적 에너지, 열에너지, 소리 에너지 등 다양한 에너지로 전환되어 생명활동에 사용된다.
바로알기 | ㄱ. 광합성(㉠)은 식물에서 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 포도당으로 합성하는 과정이므로, 광합성(㉠)에서 물질대사가 일어나는 방향은 ⓑ이다.

112



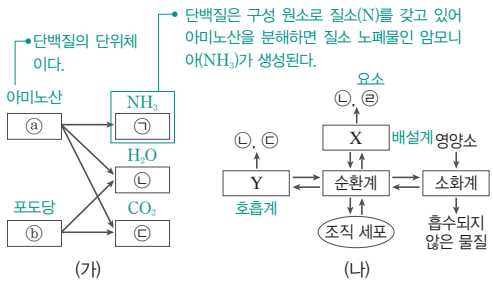
ㄱ. 세포호흡 결과 생성된 이산화 탄소는 호흡계(가)를 통해 몸 밖으로 날숨의 형태로 나가고, 암모니아는 소화계(나)로 이동하여 간에서 요소로 전환되어 배설계를 통해 몸 밖으로 나간다. 따라서 ㉠은 산소, ㉡은 아미노산, ㉢은 이산화 탄소, ㉣은 암모니아이다.

ㄴ. 소화계(나)에서 흡수한 포도당, 아미노산(㉡) 등의 영양소는 순환계를 통해 온몸의 조직 세포로 이동한다.

바로알기 | ㄷ. 이산화 탄소(㉢)는 확산을 통해 모세혈관에서 허파꽈리로 이동하므로, 이때 ATP가 소모되지 않는다.

ㄹ. 암모니아(㉣)는 소화계(나)의 간에서 요소로 전환된 후 순환계를 통해 배설계로 이동하여 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다.

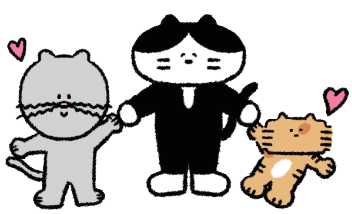
113



ㄱ. 아미노산의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)이므로 세포호흡으로 아미노산을 분해하면 암모니아(NH_3), 물(H_2O), 이산화 탄소(CO_2)가 생성된다. ㉠은 ⓐ가 분해될 때만 생성되므로, ⓐ는 아미노산, ⓑ는 포도당, ㉠은 암모니아이다.

ㄴ. 포도당(ⓑ)의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이므로 포도당(ⓑ)을 분해하면 물, 이산화 탄소가 생성된다.

ㄷ. ㉡과 ㉢은 각각 물과 이산화 탄소 중 하나이므로, ㉣은 요소이다. 몸 밖으로 요소(㉣)를 내보내는 X는 배설계이다. 배설계(X)를 통해 몸 밖으로 나가는 ㉡은 물이다. 호흡계(Y)에는 수많은 허파꽈리로 이루어진 폐가 속한다.



05 생태계의 구조

빈출 자료 보기 36쪽

114 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

114 (2) 개체군은 같은 종의 개체가 모인 집단으로, 개체군 A와 B는 각각 동일한 종으로 구성된다.

(3) 같은 종의 꿀벌이 업무를 분담하며 협력하는 것은 사회생활에 해당하며, 이는 개체군 내 개체 사이에서 일어나는 상호작용인 ㉠의 예에 해당한다.

(4) 치타가 톰슨가젤을 잡아먹는 것은 포식과 피식에 해당하며, 이는 군집 내 개체군 사이에서 일어나는 상호작용인 ㉡의 예에 해당한다.

바로알기 | (1) 곰팡이는 분해자로 생물요소에 해당한다.

(5) 지의류에 의해 암석의 풍화가 촉진되어 토양이 형성되는 것은 생물요소가 비생물요소에 영향을 주는 ㉣의 예에 해당한다.

(6) 저위도에서 고위도로 갈수록 열대우림, 낙엽수림, 침엽수림, 툰드라 순으로 나타나는 것은 위도에 따른 기온과 강수량의 차이로 생물군집이 달라지는 것이므로, 이는 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 ㉢의 예에 해당한다.

난이도별 필수 기출 37쪽~39쪽

115 ④ 116 ③, ④ 117 ③ 118 ⑤ 119 ①
120 ⑤ 121 ④ 122 ①, ⑨ 123 ② 124 해설 참조
125 ⑤ 126 ② 127 ①

115 ㄴ. (가)는 독립적으로 생명활동을 하는 생명체인 개체, (나)는 일정한 지역에 사는 같은 종의 개체 무리인 개체군, (다)는 일정한 지역에 서식하는 여러 개체군의 집단인 군집이다.

ㄷ. 개체군(나)은 한 종의 생물로 이루어진 집단이며, 군집(다)은 여러 종의 생물로 이루어진 집단이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 군집이 아닌 개체이다.

116 ⑤ 세균과 곰팡이는 다른 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하고 분해한 무기물을 비생물환경으로 돌려보내는 분해자에 속한다.

⑥ 빛, 공기, 물, 온도, 토양, 무기염류 등은 생물을 둘러싸고 있는 비생물환경인 비생물요소에 속한다.

⑦ 생물요소와 비생물요소의 상호작용으로 물질순환과 에너지흐름이 일어나며, 이를 통해 생태계가 유지된다.

바로알기 | ③ 식물은 빛에너지를 이용하여 무기물로부터 유기물을 합성하는 독립영양생물인 생산자에 속한다.

④ 소비자는 스스로 양분을 합성하지 못해 다른 생물을 먹어서 유기물을 얻는 종속영양생물이며, 초식동물과 육식동물 등이 있다.

117 토끼는 소비자, 시금치는 생산자, 푸른곰팡이는 분해자에 속한다.

ㄱ. '소비자이다.'는 토끼만 갖는 특징이므로 (가)에 해당한다.

ㄴ. '생물요소이다.'는 토끼, 시금치, 푸른곰팡이가 모두 갖는 특징이므로 (나)에 해당한다.

바로알기 | ㄷ. '생산자나 소비자의 사체나 배설물 속 유기물을 분해하여 물질과 에너지를 얻는다.'는 분해자인 푸른곰팡이만 갖는 특징이므로, (다)에 해당하지 않는다.

118 '생물요소이다.'는 소나무와 송이버섯이 공통으로 갖는 특징이고, '독립영양생물이다.'는 생산자인 소나무만 갖는 특징이며, '다른 생물을 통해 유기물을 얻는다.'는 분해자인 송이버섯만 갖는 특징이다. 따라서 A는 토양, B는 소나무이다.

ㄴ. 토양(A)은 비생물요소에 해당하며, 비생물요소는 생물에게 필요한 물질과 에너지를 공급하고 생물이 살아가는 서식지를 제공한다.

ㄷ. 소나무(B)는 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 합성하는 광합성을 한다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 '다른 생물을 통해 유기물을 얻는다.', ㉡은 '생물요소이다.', ㉢은 '독립영양생물이다.'이다.

119 A는 생물요소가 비생물요소에 영향을 주는 것이고, B는 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 것이다.

② 식물의 낙엽(생물요소)이 토양(비생물요소)에 영향을 주는 것은 A의 예이다.

③ 비옥한 토양(비생물요소)이 생물(생물요소)의 성장에 영향을 주는 것은 B의 예이다.

④ 느티나무(생물요소)가 햇빛(비생물요소)을 받아 광합성을 하는 것은 B의 예이다.

⑤ 빛의 세기(비생물요소)가 소나무(생물요소)의 성장에 영향을 미치는 것은 B의 예이다.

바로알기 | ① 코끼리(생물요소)가 풀(생물요소)을 먹는 것은 포식과 피식 관계로, 생물요소가 서로 영향을 주고받는 상호작용에 해당한다.

120 ㉠은 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 것이고, ㉡은 생물요소가 비생물요소에 영향을 주는 것이다.

ㄴ. 일조량(비생물요소)이 참나무(생물요소)의 광합성량에 영향을 미치는 것은 ㉠의 예에 해당한다.

ㄷ. 숲의 나무(생물요소)에 의해 햇빛이 차단되어 토양 수분의 증발량(비생물요소)이 감소되는 것은 ㉡의 예에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. 늑대는 스스로 양분을 합성하지 못해 다른 생물을 먹어서 유기물을 얻는 소비자에 해당한다. 생산자는 광합성을 통해 무기물로부터 유기물을 합성하는 생물이다.

121 지렁이가 토양의 통기성을 높이고 토양을 비옥하게 하는 것은 생물요소가 비생물요소에 영향을 준 예이다.

④ 숲이 우거질수록 지표면에 도달하는 빛의 양이 적어지는 것은 생물요소가 비생물요소에 영향을 준 예이다.

바로알기 | ①, ②, ③, ⑤ 비생물요소가 생물요소에 영향을 준 예이다.

122 ② 아조토박터는 대기 중 질소 기체(N_2)를 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환하는 질소고정세균으로, 생물군집에 속하는 생물요소이다.

③ 산소(O_2)나 이산화 탄소(CO_2)의 농도는 비생물요소에 해당한다.

④ 생태적 지위가 비슷한 서로 다른 종 사이에서 일어나는 경쟁은 종간 경쟁이며, 군집 내 개체군 사이에서 일어나는 상호작용이므로 ㉠의 예에 해당한다.

⑤ 콩과식물과 뿌리혹세균이 서로 이익을 주고받으며 살아가는 관계는 상리공생이며, 군집 내 개체군 사이에서 일어나는 상호작용이므로 ㉠의 예에 해당한다.

⑥ 같은 종의 개미가 일을 분담하며 협력하는 것은 사회생활이며, 같은 개체군 내에서 일어나는 상호작용이므로 ㉡의 예에 해당한다.

⑦ 갈색벌새 개체군에서 한 개체가 꿀을 확보하기 위해 다른 개체의 접근을 막는 것은 텃세이며, 같은 개체군 내에서 일어나는 상호작용이므로 ㉡의 예에 해당한다.

⑧ 일조 시간이 생물의 생식 시기나 번식 시기에 영향을 미치는 것은 ㉢의 예에 해당한다.

바로알기 | ① 군집은 일정한 지역에 서식하며 상호작용하는 여러 개체군의 집단으로, 생물요소로만 이루어져 있다.

⑨ 공기가 희박한 고산 지대에 사는 사람들은 평지에 사는 사람들에 비해 혈액 속 적혈구의 수가 많아 산소를 효율적으로 운반한다. 이는 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 ㉢의 예에 해당한다.

✓ 개념 보충

개체군 내 상호작용의 예

- **텃세:** 일정한 영역을 차지하고 다른 개체의 침입을 막는다. 예 얼룩말, 까치, 은어, 버들붕어 등
- **순위제:** 힘의 세기에 따라 순위를 정하여 먹이나 배우자를 차지한다. 예 닭, 큰뿔양, 일본원숭이 등
- **리더제:** 한 개체가 리더가 되어 무리 전체를 통솔한다. 예 기러기, 양, 코끼리 등
- **사회생활:** 역할에 따라 계급과 업무를 분담하여 생활한다. 예 개미, 꿀벌 등
- **가족생활:** 혈연관계에 있는 개체들이 모여 공동으로 사냥하고 새끼를 돌본다. 예 사자, 불곰, 침팬지 등

군집 내 개체군 사이의 상호작용의 예

- **종간경쟁:** 생태적 지위가 비슷한 개체군 사이에서 일어나는 경쟁이다. 예 애기짚신벌레와 짚신벌레의 경쟁 등
- **분서(나누어살기, 생태 지위 분화):** 경쟁을 피하기 위해 먹이의 종류나 서식 공간 등을 달리한다. 예 북아메리카의 솔새 등
- **편리공생:** 한쪽은 이익을 얻지만, 다른 쪽은 이익도 손해도 없다. 예 빨판상어와 거북 등
- **상리공생:** 두 개체군이 모두 이익을 얻는다. 예 콩과식물과 뿌리혹세균 등
- **기생:** 함께 생활할 때 한쪽(기생 생물)은 이익을 얻지만, 다른 쪽(숙주)은 손해를 입는다. 예 사람과 기생충 등
- **포식과 피식:** 서로 다른 개체군 사이에서의 먹고(포식자) 먹히는(피식자) 관계이다. 예 스라소니와 눈신토끼 등

123 (가)에서 ㉠은 생물요소가 비생물요소에 영향을 주는 것이고, ㉡은 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 것이다.

ㄴ. (나)는 (다)보다 울타리조직이 두껍게 발달하여 잎의 두께가 두껍다.

바로알기 | ㄱ. 한 개체군을 구성하는 종은 모두 동일하며, 개체군 A, B, C는 각기 다른 종으로 구성된다.

ㄷ. 빛의 세기에 따라 식물 잎의 두께가 다른 것은 비생물요소가 생물요소에 영향을 준 것이므로 ㉡의 예에 해당한다.

124 모범 답안 (나), (나)는 (다)에 비해 울타리조직이 발달하여 강한 빛을 효율적으로 활용할 수 있기 때문이다.

해설 빛이 강한 나무의 바깥쪽에 주로 분포하는 양엽(나)은 강한 빛을 효율적으로 활용하기 위해 적응한 결과 울타리조직이 발달하여 잎이 두껍고 광합성이 활발하게 일어난다. 반면 그늘진 나무의 안쪽에 주로 분포하는 음엽(다)은 약한 빛을 효율적으로 흡수하기 위해 적응한 결과 울타리조직이 덜 발달하여 잎이 얇고 넓다.

채점 기준	배점
(나)라고 쓰고, 울타리조직이 발달하여 강한 빛을 효율적으로 활용할 수 있기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
(나)라고 쓰고, 울타리조직이 두껍기 때문이라고만 서술한 경우	70 %
(나)라고만 쓴 경우	30 %

125 빛은 파장이 짧을수록 투과도가 커서 수심이 깊은 곳까지 전달

된다. 즉, 파장이 긴 적색광은 바다 얕은 곳까지만 투과하므로 바다 얕은 곳에는 광합성에 적색광을 주로 이용하는 녹조류가 많이 분포한다. 반면 파장이 짧은 청색광은 바다 깊은 곳까지 투과하므로 바다 깊은 곳에는 광합성에 청색광을 주로 이용하는 홍조류가 많이 분포한다.

ㄱ. 빛의 파장이 긴 적색광은 수심 20 m 정도의 얕은 곳까지만 투과한다.

ㄴ. 수심 40 m 이상의 깊이에서는 빛의 파장이 짧은 청색광만 전달되므로 광합성에 청색광을 주로 이용하는 홍조류가 분포한다.

ㄷ. 빛의 파장에 따른 해조류의 수직분포는 비생물요소가 생물요소에 영향을 미친 예에 해당한다.

126 A에서 B로 물질이 이동하므로 A는 광합성을 통해 유기물을 합성하는 생산자이며, B는 유기물을 섭취하는 소비자이다. ㉠은 비생물요소가 생물요소에 영향을 주는 것이고, ㉡은 생물요소가 비생물요소에 영향을 주는 것이다.

ㄴ. 생물요소 사이에서 유기물은 먹이사슬을 따라 생산자에서 소비자로 이동하거나, 생산자와 소비자의 사체나 배설물을 통해 분해자로 이동한다. 즉, 생산자(A)와 소비자(B)에서 분해자로 유기물이 이동한다.

바로알기 | ㄱ. 생산자(A)는 광합성을 통해 유기물을 스스로 합성하는 독립영양생물이다.

ㄷ. ⓐ에 의해 공기 중 질소 기체(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되어 토양 속 암모늄 이온(NH_4^+)이 증가하는 것은 ㉡의 예에 해당한다.

127 (가)와 소비자의 유기물이 (나)로 이동하므로 (나)는 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 분해하는 분해자이고, (가)에서 소비자로 유기물이 이동하므로 (가)는 유기물을 생산하는 생산자이다.

ㄱ. 남세균은 광합성을 통해 무기물로부터 유기물을 합성하므로 생산자(가)에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 영양염류(ⓐ), 수온(ⓑ), 강수량(ⓒ)은 비생물환경으로, 비생물요소에 해당한다.

ㄷ. ⓓ는 유속이라는 비생물환경이 남세균의 증식에 영향을 미치는 것으로, ㉠의 예에 해당한다.

06 물질순환과 에너지흐름

빈출 자료 보기 41쪽

128 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

128 (1) 대기 중 이산화 탄소는 생산자의 광합성을 통해 포도당으로 합성된 후 다양한 형태의 유기물로 전환된다.

(2) 유기물 중 일부는 생산자와 소비자의 호흡 과정에서 분해되어 이산화 탄소 형태로 대기로 돌아간다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 호흡에 해당한다.

(5) ㉤은 토양 속 질산 이온(NO_3^-)의 일부가 탈질산화세균에 의해 질소 기체(N_2)로 전환되어 대기 중으로 돌아가는 탈질산화 작용이다.

(6) 식물의 뿌리로 흡수된 질산 이온(NO_3^-)은 단백질이나 핵산과 같은 질소 화합물의 합성에 쓰인다.

바로알기 | (3) ㉢은 대기 중 질소(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소고정 작용으로, 질소고정세균에 의해 진행된다.

(4) ㉣은 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환되는 질산화 작용으로, 질산화세균에 의해 진행된다.

I

난이도별 필수 기출 42쪽~47쪽

129 ③	130 ⑤	131 ③	132 ③	133 해설 참조
134 ②	135 해설 참조		136 ②	137 ⑤ 138 ⑤
139 ①	140 ⑤	141 ①	142 ④	143 ① 144 ①
145 ⑤	146 ⑤	147 해설 참조		148 ③ 149 ②
150 ①	151 ④	152 ④	153 ③	

129 생태계에서 물질은 생물요소와 비생물요소 사이를 순환한다. 즉, 물질은 생산자의 광합성에 의해 무기물에서 유기물로 전환된 후 먹이사슬을 따라 이동하다가 분해자에 의해 다시 무기물로 전환되어 비생물환경으로 돌아가 생물에게 이용된다. 반면 에너지는 순환하지 않고 한 방향으로 흐르다가 열에너지 형태로 생태계 밖으로 빠져나간다. 따라서 생태계가 유지되려면 태양으로부터 에너지가 끊임없이 공급되어야 한다.

바로알기 | ③ 생태계에서 에너지는 순환하지 않으며 한 방향으로 이동한다.

130 ㄴ. 생산자로부터 물질과 에너지를 전달받는 (가)는 초식동물인 1차 소비자이고, 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자로부터 물질과 에너지를 전달받는 (나)는 분해자이다. 1차 소비자(가)에서 분해자(나)로 유기물 형태의 물질과 에너지가 이동한다.

ㄷ. 곰팡이와 세균은 생물의 사체나 배설물을 분해하는 분해자(나)에 속한다.

바로알기 | ㄱ. A는 한 방향으로 흐르다가 생태계 밖으로 빠져나가므로 에너지이고, B는 생물요소와 비생물환경 사이를 순환하므로 물질이다.

131 ③ 유기물 형태의 탄소는 먹이사슬을 따라 생산자에서 소비자로 이동한 후 소비자의 체내에 저장되거나 호흡에 이용된다.

바로알기 | ① 탄소는 주로 이산화 탄소(CO_2) 형태로 대기 중에 존재하거나 탄산수소 이온(HCO_3^-) 형태로 물에 녹아 있다.

② 대기 중 탄소는 생산자에 흡수되어 광합성을 통해 포도당과 같은 유기물로 전환된다.

④ 생물의 사체 중 분해되지 않은 일부 유기물이 오랜 기간 퇴적되어 만들어진 화석연료(석유, 석탄 등)는 연소되면서 이산화 탄소 형태로 대기로 돌아간다.

⑤ 생물의 사체나 배설물, 낙엽에 포함된 유기물은 분해자의 호흡을 통해 분해되어 이산화 탄소 형태로 대기로 돌아간다.

132 ㄱ. 대기 중의 이산화 탄소는 광합성(가)을 통해 생물체 내로 유입되어 생산자의 체내에 저장되거나 호흡에 이용된다.

ㄴ. 생산자(A)에 저장된 유기물 형태의 탄소는 먹이사슬을 따라 소비자(B)로 이동한다.

ㄷ. 생물의 사체 중 분해되지 않은 일부 유기물이 땅속, 호수, 해저 등에 오랜 기간 퇴적되어 석유, 석탄과 같은 화석연료로 변화된다.

바로알기 | ㄹ. 연소(나) 과정이 과도하게 일어나면 대기 중 이산화 탄소의 평균 농도가 높아지고, 이로 인해 온실효과가 유발되어 지구 온난화가 심해진다.

133 **모범 답안** (1) A는 분해자, B는 생산자이다. 생산자(B)는 빛에너지를 이용하여 무기물로부터 유기물을 합성하며, 분해자(A)는 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해한다.

해설 생산자는 무기물로부터 유기물을 합성하는 생물로, 빛에너지를 이용하여 광합성을 한다. 분해자는 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 분해하여 필요한 물질과 에너지를 얻는 생물로, 유기물을 무기물로 분해하여 비생물환경으로 돌려보낸다.

(2) (가)는 광합성, (나)는 호흡이다. 광합성(가)은 빛에너지를 흡수하여 물과 이산화 탄소로부터 포도당을 합성하는 과정이고, 호흡(나)은 포도당을 물과 이산화 탄소로 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 생산하는 과정이다.

	채점 기준	배점
(1)	A와 B를 쓰고, 그 역할을 유기물을 중심으로 옳게 서술한 경우	50 %
	A와 B를 쓰고, 그 역할 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %
	A와 B만 쓴 경우	10 %
(2)	(가)와 (나)를 쓰고, 제시된 요소를 모두 포함하여 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
	(가)와 (나)를 쓰고, 제시된 요소 중 일부만 포함하여 과정을 옳게 서술한 경우	30 %
	(가)와 (나)만 쓴 경우	10 %

134 B. 뿌리혹세균, 아조토박터, 남세균 등과 같은 질소고정세균은 대기 중의 질소(N_2)가 물에 녹을 수 있는 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소고정 작용에 관여한다.

바로알기 | A. 생명체의 구성 원소 중 질소(N)는 비생물환경에서 생물로 유입된 후 먹이사슬을 따라 이동하다가 비생물환경으로 돌아가 생물과 비생물환경 사이를 순환한다.

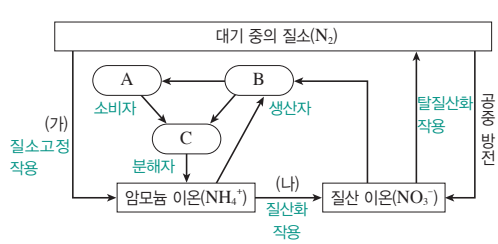
C. 대기 중 질소 기체(N_2)는 질소고정세균에 의한 질소고정 작용으로 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환된다.

135 **모범 답안** 질소고정 작용. 대기 중의 질소(N_2)는 매우 안정하여 식물이 직접 이용할 수 없으므로 질소고정 작용을 통해 이온 형태로 전환되어야 식물이 흡수하여 이용할 수 있다.

해설 질소 기체(N_2)는 대기에 풍부하지만 매우 안정하여 대부분의 생물은 이를 직접 이용할 수 없으며, 질소고정 작용을 통해 암모늄 이온(NH_4^+) 형태로 전환되거나 공중 방전에 의해 질산 이온(NO_3^-) 형태로 전환되어야 식물이 이를 흡수하여 이용할 수 있다. ㉠은 대기 중의 질소(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소고정 작용이다.

채점 기준	배점
㉠을 쓰고, 대기 중의 질소는 매우 안정하여 이온 형태로 전환되어야 식물이 흡수하여 이용할 수 있다고 옳게 서술한 경우	100 %
㉠을 쓰고, 대기 중의 질소가 매우 안정하기 때문이라고만 서술한 경우	70 %
㉠만 쓴 경우	30 %

136



ㄴ. (나)는 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산화세균에 의해 질산 이온(NO_3^-)으로 전환되는 질산화 작용이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 대기 중의 질소(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소고정 작용으로, 뿌리혹세균, 아조토박터, 남세균 등의 질소고정세균이 관여한다. A는 생산자(B)로부터 질소 화합물을 전달받는 소비자이다.

ㄷ. 토양 속 질산 이온(NO_3^-)의 일부가 질소 기체(N_2)로 환원되어 대기 중으로 돌아가는 과정은 탈질산화 작용으로, 생산자(B)가 아닌 탈질산화세균에 의해 일어난다.

137 ㄴ. '세균이 관여한다.'는 질산화 작용과 탈질산화 작용이 공통으로 갖는 특징이며, '암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환된다.'는 질산화 작용만 갖는 특징이다. 따라서 ㉠은 '암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환된다.'이고, ㉡은 '세균이 관여한다.'이다.

ㄷ. 특징 ㉠과 ㉡을 모두 갖는 A는 질산화 작용이고, 특징 ㉡만 갖는 B는 탈질산화 작용이다. 탈질산화세균은 탈질산화 작용(B)에 관여한다.

바로알기 | ㄱ. 대기 중의 질소 기체(N_2)를 식물이 이용할 수 있는 이온 형태로 전환하는 과정은 질소고정 작용이다.

138 ㄴ. 뿌리혹세균은 콩과식물의 뿌리에 뿌리혹을 만들어 식물과 공생하면서 대기 중의 질소 기체(N_2)를 암모늄 이온(NH_4^+)으로 고정하며, 탈질산화세균은 토양 속 질산 이온(NO_3^-)을 질소 기체(N_2)로 환원한다. 또한 식물은 질소 기체(N_2)가 아닌 암모늄 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)을 흡수하여 단백질과 같은 질소 화합물을 합성한다. 따라서 (가)는 탈질산화세균, (나)는 뿌리혹세균, (다)는 콩과식물이며, ㉠은 질산 이온(NO_3^-), ㉡은 암모늄 이온(NH_4^+), ㉢은 대기 중의 질소 기체(N_2)이다.

ㄷ. 뿌리혹세균(나)과 콩과식물(다)은 상리공생 관계로, 뿌리혹세균(나)은 콩과식물(다)에게 질소 화합물을 제공하고, 콩과식물(다)은 뿌리혹세균(나)에게 양분을 제공한다.

바로알기 | ㄱ. 탈질산화세균(가)은 토양 속 질산 이온(NO_3^-)의 일부를 질소 기체(N_2)로 전환하는 데 관여한다.

139 ㉠ 과정에서 대기 중의 질소 기체(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되므로 ㉠은 질소고정 작용이고, ㉡ 과정에서 토양 속 질산 이온(NO_3^-)의 일부가 질소 기체(N_2)로 전환되어 대기 중으로 돌아가므로 ㉡은 탈질산화 작용이다.

ㄱ. 질소고정세균에 속하는 남세균은 질소고정 작용(㉠)에 관여한다.

바로알기 | ㄴ. ㉡은 토양 속 질산 이온(NO_3^-)의 일부가 탈질산화세균에 의해 질소 기체(N_2)로 전환되는 탈질산화 작용이다.

ㄷ. 질소고정 작용(㉠)이 활발히 일어날수록 토양 속 암모늄 이온(NH_4^+)이 많아져 토양 속 질소 화합물의 양이 증가한다. 반면 탈질산화 작용(㉡)이 활발히 일어날수록 토양 속 질산 이온(NO_3^-)이 줄어들어 토양 속 질소 화합물의 양이 감소한다. 단위 시간당 질소 화합물의 양은 Ⅰ에서보다 Ⅱ에서 빠르게 증가하므로, $\frac{\text{㉡이 일어나는 속도}}{\text{㉠이 일어나는 속도}}$는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다.

140 '물질이 먹이사슬을 따라 생산자에서 소비자로 이동한다.'는 질소순환 과정과 탄소순환 과정이 공통으로 갖는 특징이고, '토양 속 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환된다.'는 질소순환 과정만의 특징이며, '식물의 광합성을 통해 대기 중의 이산화 탄소(CO_2)가 유기물로 전환된다.'는 탄소순환 과정만의 특징이다. 따라서 (가)는 질소순환

과정, (나)는 탄소순환 과정이다.

ㄴ. 질산화세균은 토양 속 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환(㉠)되는 질산화 작용에 관여하는 생물이다.

ㄷ. 식물의 광합성 과정(㉡)에서 태양의 빛에너지가 유기물의 화학 에너지로 전환된다.

바로알기 | ㄱ. '물질이 먹이사슬을 따라 생산자에서 소비자로 이동한다.'는 탄소순환 과정(나)에서 갖는 특징이므로 ⓐ는 '○'이고, '식물의 광합성을 통해 대기 중의 이산화 탄소(CO_2)가 유기물로 전환된다.'는 질소순환 과정(가)에서 갖지 않는 특징이므로 ⓑ는 '×'이다.

141 (가)에서 대기 중 ㉠을 생산자가 직접 흡수하고 방출하므로 (가)는 탄소순환 과정이며, (나)에서 암모늄 이온(NH_4^+) 또는 질산 이온(NO_3^-)을 생산자가 흡수하므로 (나)는 질소순환 과정이다.

② 광합성(Ⅰ) 과정에서 무기물인 이산화 탄소(CO_2)가 유기물인 포도당으로 전환된다.

③ 과정 Ⅱ와 Ⅳ에서 각각 유기물 형태의 탄소(C)와 질소(N)가 생산자에서 소비자로 이동한다.

④ 대기 중 질소 기체(N_2)가 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환되는 질소 고정 작용(Ⅲ)에는 질소고정세균이, 암모늄 이온(NH_4^+)이 질산 이온(NO_3^-)으로 전환되는 질산화 작용(Ⅴ)에는 질산화세균이, 토양 속 질산 이온(NO_3^-)이 질소 기체(N_2)로 전환되는 탈질산화 작용(Ⅶ)에는 탈질산화세균이 관여한다.

⑤ Ⅵ은 공중 방전에 의해 대기 중 질소 기체(N_2)의 일부가 고온에서 산소(O_2)와 결합하여 질산 이온(NO_3^-)으로 전환되는 과정이다.

⑥ 암모늄 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)과 같은 무기염류는 생태계구성요소 중 비생물환경인 비생물요소에 해당한다.

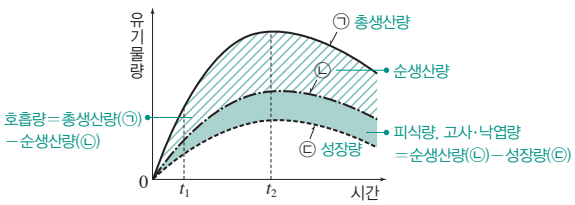
바로알기 | ① ㉠은 탄소(C), ㉡은 질소(N)이다.

142 ㄴ. B는 생산자가 자신의 호흡으로 소비한 유기물의 양인 호흡량이다.

ㄷ. C는 초식동물에게 먹히는 유기물의 양인 피식량으로, 피식량, 고사·낙엽량, 성장량을 모두 합한 유기물의 양을 순생산량이라고 한다.

바로알기 | ㄱ. A는 생산자가 일정 기간 동안 광합성으로 생산한 유기물의 총량인 총생산량이다. 식물군집의 광합성량이 증가하면 총생산량(A)도 증가한다.

143



ㄱ. 호흡량은 총생산량(㉠)에서 순생산량(㉡)을 뺀 값이다.

바로알기 | ㄴ. t_1~t_2 구간에서 순생산량은 증가하므로 순생산량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 적다.

ㄷ. ㉢은 순생산량 중 피식량과 고사·낙엽량을 제외한 나머지인 성장량으로, 피식량과 고사·낙엽량은 ㉢이 아닌 순생산량(㉡)에 포함된다.

144 ㄴ. 성장량이 A에서는 총생산량의 8.0 %이고, B에서는 총생산량의 6.0 %인데, B의 총생산량이 A의 총생산량의 2배이므로 성장량은 B에서가 A에서의 1.5배이다.

바로알기 | ㄱ. 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 뺀 값으로, A에서는 총생산량의 33.2 %(=100.0−66.8)이고 B에서는 총생산량의 24.0 %(=100.0−㉠(76.0))이다. 하지만 B의 총생산량은 A의 총생산량의 2배이므로 순생산량은 B에서가 A에서보다 많다.

ㄷ. ㉠은 식물군집 B의 호흡량이므로 1차 소비자의 호흡량은 ㉠에 포함되지 않는다.

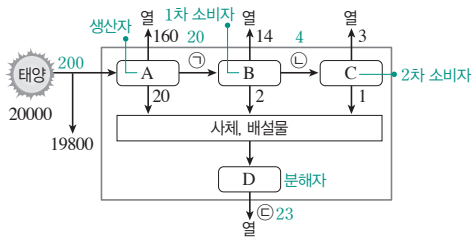
145 B는 대기 중의 이산화 탄소(CO_2)를 직접 이용하므로 생산자이고, A는 생산자(B)로부터 유기물 속 탄소를 전달받으므로 소비자이다. 또한 총생산량은 호흡량과 순생산량을 더한 값으로 호흡량보다 크므로, ㉠은 총생산량이고 ㉡은 호흡량이다.

ㄴ. 순생산량은 총생산량(㉠)에서 호흡량(㉡)을 뺀 값으로, 구간 Ⅰ에서 X의 총생산량(㉠)은 순생산량(㉠−㉡)보다 크다.

ㄷ. 구간 Ⅱ에서 총생산량(㉠)은 감소하고 호흡량(㉡)은 증가하므로, 순생산량(㉠−㉡)은 시간에 지남에 따라 감소한다.

바로알기 | ㄱ. 생산자(B)에서 소비자(A)로 이동하는 유기물의 양은 생산자가 호흡으로 소비하는 유기물의 양인 호흡량(㉡)에 포함되지 않는다.

146



에너지는 먹이사슬을 따라 이동하므로 A는 생산자, B는 1차 소비자, C는 2차 소비자이며, D는 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 분해하는 분해자이다. 또한 각 영양단계의 에너지양은 (현 영양단계의 호흡으로 방출되는 에너지양)+(다음 영양단계로 이동하는 에너지양)+(사체나 배설물 형태로 이동하는 에너지양)이며, 상위 영양단계가 보유한 에너지양은 이전 하위 영양단계에서 이동한 에너지양이다.

ㄱ. 생산자(A)의 광합성을 통해 태양의 빛에너지가 유기물의 화학 에너지로 전환된다.

ㄴ. 1차 소비자(B)에서 2차 소비자(C)로 유기물에 저장된 물질과 에너지가 이동한다.

ㄷ. 생산자(A)가 태양으로부터 공급받은 에너지양은 200이므로 생산자(A)에서 1차 소비자(B)로 이동하는 에너지양(㉠)은 200−160−20=20이며, 1차 소비자(B)에서 2차 소비자(C)로 이동하는 에너지양(㉡)은 20−14−2=4이다. 또한 생산자와 소비자의 사체 및 배설물을 통해 분해자(D)로 이동하는 에너지양은 분해자(D)가 호흡으로 방출하는 열에너지양(㉢)과 같으므로 ㉢은 20+2+1=23이다. 따라서 ㉠(20)+㉡(4)+㉢(23)=47이다.

다른 해설 | ㄷ. 생태계로 유입되는 에너지양과 생태계 밖으로 유출되는 에너지양은 같으므로 200=160+14+3+㉢이며, ㉢은 23이다.

147 모범 답안 (1) 1차 소비자(B)에서 2차 소비자(C)로 전달되는 에너지양은 0.3+0.1=0.4이므로, 생산자(A)에서 1차 소비자(B)로 전달되는 에너지양은 0.4×4=1.6이다. 빛에너지로부터 생산자(A)로 전달되는 에너지양(20)=㉠+1.6+8이므로 생산자(A)에서 열에너지로 방출되는 에너지양(㉠)은 10.4이다. 또한 1차 소비자(B)가 보유한 에너지양(1.6)=0.9+0.4+㉡이므로 1차 소비자(B)에서 분해자로 전달되는 에너지양(㉡)은 0.3이다.

(2) 2차 소비자(C)의 에너지효율은

$$\frac{\text{2차 소비자(C)가 보유한 에너지 총량}}{\text{1차 소비자(B)가 보유한 에너지 총량}} \times 100 = \frac{0.4}{1.6} \times 100 = 25\ \%$$

이다.

(3) 분해자의 호흡으로 방출되는 에너지양은 각 영양단계의 생물에서 사체나 배설물 형태로 분해자로 이동한 에너지양의 합과 같으므로 8+0.3(㉡)+0.1=8.4이다.

채점 기준		배점
(1)	㉠과 ㉡의 값을 구하고, 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
	㉠과 ㉡의 값을 구하고, 풀이 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	30 %
	㉠과 ㉡의 값만 구한 경우	20 %
(2)	2차 소비자의 에너지효율과 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	20 %
	2차 소비자의 에너지효율만 구한 경우	10 %
(3)	분해자의 호흡으로 방출되는 에너지양과 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	30 %
	분해자의 호흡으로 방출되는 에너지양만 구한 경우	15 %

148 ㄱ. 상위 영양단계로 갈수록 전달되는 에너지양이 감소하므로 상위 영양단계일수록 보유하는 에너지양이 줄어든다. 따라서 에너지양이 가장 많은 B가 생산자이며, C는 1차 소비자, A는 2차 소비자이다.

ㄴ. (나)와 (다)에서 2차 소비자의 에너지효율은 같고, (나)에서 2차 소비자(A)의 에너지효율은 $\frac{40}{120}\times100=\frac{100}{3}$ %이다. 따라서 (다)에서 2차 소비자(A)의 에너지효율은 $\frac{ⓐ}{150}\times100=\frac{100}{3}$이므로 ⓐ는 50이다.

바로알기 | ㄷ. (가)에서 2차 소비자(A)의 에너지효율은 $\frac{50}{200}\times100$ =25 %이고, (다)에서 1차 소비자(C)의 에너지효율은 $\frac{150}{600}\times100=$ 25 %이므로 같다.

149 Ⅰ의 에너지양은 100, 에너지효율은 10 %이므로 Ⅰ의 이전 영양단계의 에너지양은 1000이다. 따라서 Ⅰ의 이전 영양단계는 생산자이므로 Ⅰ은 1차 소비자이다. 또한 3차 소비자의 에너지효율은 1차 소비자의 에너지효율의 2배이므로 20 %인데, Ⅱ의 에너지효율은 15 %이므로 Ⅲ이 3차 소비자이고, Ⅱ가 2차 소비자이다.

ㄴ. 2차 소비자의 에너지효율은 $\frac{㉠}{100}\times100=15$ %이므로 2차 소비자(Ⅱ)의 에너지양(㉠)은 15이다.

바로알기 | ㄱ. Ⅰ은 1차 소비자, Ⅱ는 2차 소비자, Ⅲ은 3차 소비자이다.

ㄷ. 각 영양단계마다 에너지의 일부는 호흡을 통해 생물의 생명활동에 이용되거나 열에너지로 전환되어 외부로 방출되므로, 2차 소비자(Ⅱ)의 에너지 중 일부만 3차 소비자(Ⅲ)에게 전달된다.

150 ㄱ. 에너지양은 상위 영양단계로 갈수록 감소하므로 A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자, D는 생산자이다.

바로알기 | ㄴ. A의 에너지효율은 $\frac{9}{30}\times100=30$ %, B의 에너지효율은 $\frac{30}{150}\times100=20$ %, C의 에너지효율은 $\frac{150}{1000}\times100=15$ %이므로, B의 에너지효율은 C의 2배가 아니다.

ㄷ. 상위 영양단계로 갈수록 에너지양은 1000 → 150 → 30 → 9로 변하므로 감소하지만, 에너지효율은 15 % → 20 % → 30 %로 변하므로 증가한다.

151 (나)에서 2차 소비자의 에너지효율은 (가)에서 1차 소비자의 에너지효율의 2배이므로 $\frac{3}{㉡}\times100=\frac{㉠}{100}\times100\times2$이고, ㉡은 ㉠의 1.5배이므로 ㉡=㉠×1.5이다. 이를 풀면 ㉠은 10, ㉡은 15이다.

ㄴ. (나)에서 에너지양이 가장 많은 A는 생산자이다.

ㄷ. 2차 소비자의 에너지효율은 (가)에서 $\frac{2}{10}\times100=20$ %, (나)에서 $\frac{3}{15}\times100=20$ %이므로 (가)와 (나)에서 같다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 10, ㉡은 15이다.

152 ㄱ. (가)는 상위 영양단계로 갈수록 개체 수가 줄어들어 피라미드 형태를 나타낸다. 이는 생물군집의 개체 수가 안정된 상태를 유지하는 생태계평형 상태이다.

ㄷ. 산불, 홍수, 가뭄 등의 자연재해 및 외래생물의 유입, 환경오염, 기후 변화와 같은 사람의 활동으로 생태계가 평형을 유지하는 능력의 한계를 넘으면 생태계평형이 깨지고 생태계 전체가 파괴될 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 감소하면 1차 소비자의 먹이가 되는 생산자의 개체 수는 증가하고, 1차 소비자를 먹이로 하는 2차 소비자의 개체 수는 감소할 것이다. 이후 먹이 증가와 천적 감소로 1차 소비자의 개체 수는 증가하고, 이로 인해 생산자의 개체 수는 감소하고 2차 소비자의 개체 수는 증가하여 생태계는 평형 상태를 회복한다.

153 ㄷ. 안정된 생태계에서는 생태계평형이 일시적으로 깨지더라도 대부분 시간이 지나면 먹이사슬을 통해 평형 상태를 회복한다. 즉, 한 영양단계의 개체 수가 증가하거나 감소하면 이 영양단계와 먹이 관계에 있는 다른 영양단계의 개체 수도 이에 따라 변해 평형을 회복하게 된다.

바로알기 | ㄱ. 1차 소비자가 증가한 이후 $t_0 \rightarrow t_1$ 구간에서 Ⅱ가 감소하며, $t_1 \rightarrow t_2$ 구간에서 1차 소비자가 감소한 이후 $t_2 \rightarrow t_3$ 구간에서 Ⅱ가 증가하므로 Ⅱ는 1차 소비자의 먹이인 생산자이다. 따라서 Ⅰ은 1차 소비자의 천적인 2차 소비자이며, ㉠은 '증가', ㉡은 '감소'이다.

ㄴ. 생물요소 사이에서 에너지는 먹이사슬을 따라 전달되므로, 2차 소비자(Ⅰ)의 체내에 저장된 에너지는 1차 소비자에게 전달되지 않는다.

07 개체군

빈출 자료 보기 49쪽

154 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

154 (1) A는 J자형 성장곡선으로, 개체가 생식 활동에 아무런 제약을 받지 않는 조건에서 나타난다. 따라서 J자형 성장곡선(A)에서 개체군은 환경저항을 받지 않는다.

(2) B는 S자형 성장곡선으로, 실제 자연 상태에서 나타나는 성장곡선이다.

(3) (가)는 주어진 환경에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기인 환경수용력이다.

(5) 서식 공간의 면적이 일정할 때 개체군밀도는 개체 수에 비례하므로, B에서 개체군밀도는 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 작다.

바로알기 | (4) 단위 시간당 개체 수 증가 속도는 그래프의 기울기에 비례하므로, 구간 Ⅰ에서는 J자형 성장곡선(A)에서가 S자형 성장곡선(B)에서보다 빠르다.

(6) 환경저항은 개체 수가 많아질수록 커지므로 B에서 환경저항은 구간 Ⅱ에서가 구간 Ⅰ에서보다 크다.

난이도별 필수 기출 50쪽~55쪽

155 ③, ④ 156 ① 157 해설 참조 158 ②, ⑤
159 ① 160 ③ 161 ④ 162 해설 참조 163 해설 참조
164 ⑤, ⑥ 165 ① 166 ③ 167 ③ 168 ①, ④, ⑥
169 해설 참조 170 ② 171 ⑤ 172 ② 173 ②, ⑤
174 ⑤ 175 ③ 176 ⑤ 177 ④ 178 ③ 179 ①
180 ⑤

155 ①, ② 개체군밀도는 일정 공간에 서식하는 개체 수이다. 개체 수가 많아질수록 개체군밀도가 증가하며, 그에 따라 환경저항이 커져 자원에 대한 경쟁이 심해진다.
⑤ 개체의 출생과 이입은 개체군밀도를 증가시키고, 사망과 이출은 개체군밀도를 감소시킨다.
⑥ 개체군밀도는 빛, 온도, 서식 공간, 먹이의 양 등의 비생물환경과 질병, 포식, 다른 생물의 기생 등의 영향을 받는다.
⑦ 개체군밀도가 지나치게 증가하면 환경저항이 커져 출생률이 낮아지고 사망률은 높아진다. 반대로 개체군밀도가 지나치게 감소하면 생식 기회가 줄어들어 개체군이 유지되기 어렵다.
바로알기 | ③ 개체군밀도는 일정하게 유지되지 않고, 개체의 출생과 사망, 이입과 이출 등에 의해 변한다.
④ 개체군밀도는 일반적으로 이입과 이출보다 출생과 사망의 영향을 더 크게 받는다.

156 ㄴ. ㉡은 S자형 성장곡선으로, 실제 자연 상태에서 환경저항의 영향으로 개체군의 크기가 일정 크기 이상으로 성장하지 않아 나타나는 성장곡선이다. 환경저항은 개체군성장을 억제하는 요인으로, 먹이와 서식 공간 부족, 노폐물 축적, 환경오염, 개체 간의 경쟁 심화 등이 있다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 J자형 성장곡선으로, 개체가 생식 활동에 제약을 받지 않는 이상적인 환경에서 개체 수가 계속 증가하여 나타나는 성장곡선이다.
ㄷ. ㉢은 주어진 환경에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기인 환경수용력이다.

157 모범 답안 (1) 600마리
(2) ㉡, 실제 자연 상태에서는 개체 수가 증가하여 환경저항이 커지면 개체군의 성장이 점차 둔화되어 개체군의 크기가 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지되는 S자형 성장곡선을 나타낸다.
해설 실제 자연 상태에서 개체군성장곡선은 환경저항에 의해 S자 모양을 나타내며, 개체군의 크기는 환경수용력보다 커지지 않고 환경수용력 부근에서 일정하게 유지된다.

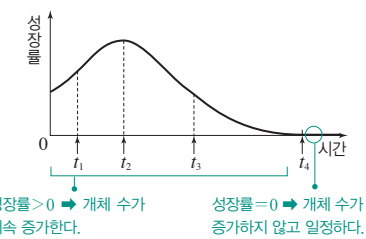
채점 기준		배점
(1)	600마리라고 쓴 경우	30 %
(2)	㉡이라고 쓰고, 환경저항과 관련지어 옳게 서술한 경우	70 %
	㉡이라고 쓰고, 개체군의 크기가 계속 증가하지 않기 때문이라고만 서술한 경우	50 %
	㉡만 쓴 경우	20 %

158 ① (가)는 개체가 생식 활동에 제약을 받지 않고 자손을 낳을 때 나타나는 J자형 성장곡선이다.
③ 출생은 개체 수를 증가시키고 사망은 개체 수를 감소시킨다. J자형 성장곡선(가)의 구간 Ⅱ에서는 개체 수가 증가하고 있으므로 출생한 개체 수가 사망한 개체 수보다 많다.
④ (나)는 개체 수가 증가할수록 환경저항이 커져 개체군의 크기가 일정 값 이상으로 증가하지 않는 S자형 성장곡선이다. 서식 공간의 면적이 일정할 때 개체군밀도는 개체 수에 비례하므로, S자형 성장곡선(나)의 구간 Ⅱ에서 이 개체군의 밀도는 시간에 따라 증가한다.
⑥ 환경저항은 개체 수 또는 개체군밀도가 증가할수록 커지므로, S자형 성장곡선(나)에서 환경저항은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅲ에서보다 작다.
⑦ S자형 성장곡선(나)의 구간 Ⅱ에서는 개체 수가 증가하지만 구간 Ⅲ에서는 증가하지 않고 일정한 값을 나타낸다. 따라서 (나)에서 $\frac{\text{사망한 개체 수}}{\text{출생한 개체 수}}$는 구간 Ⅱ에서는 1보다 작지만, 구간 Ⅲ에서는 1이다.
바로알기 | ② J자형 성장곡선(가)에서는 구간 Ⅰ을 포함한 전 구간에서 개체군에게 환경저항이 작용하지 않는다.
⑤ 단위 시간당 개체 수 증가 속도는 특정 시점에서 증가한 개체 수이며 해당 시점에서의 그래프의 기울기에 비례한다. S자형 성장곡선(나)에서 그래프의 기울기는 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 작으므로, 단위 시간당 개체 수 증가 속도도 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 느리다.

159 ㄱ. J자형 성장곡선(A)에서는 전 시점에서 개체군에게 환경저항이 작용하지 않는다.
바로알기 | ㄴ. S자형 성장곡선(B)에서 개체 수는 t_2일 때가 t_3일 때보다 적으므로 개체군의 밀도도 t_2일 때가 t_3일 때보다 작다.
ㄷ. 환경수용력은 고정적인 값이 아니라 먹이, 서식 공간, 질병, 포식자, 개체군 내 상호작용 등의 환경요인에 따라 달라진다. 따라서 다른 조건이 일정할 때, 먹이의 양이 늘어나면 개체군의 환경수용력은 K값보다 커진다.

160 ㄱ. 환경수용력은 조건 (가)에서 140이고, 조건 (나)에서 70이다. 따라서 ⓐ의 환경수용력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
ㄴ. 특정 구간에서 증가한 개체 수는 구간의 마지막 시점에서의 개체 수와 첫 시점에서의 개체 수의 차이이다. 따라서 구간 Ⅰ에서 증가한 ⓐ의 개체 수는 (가)에서가 (나)에서보다 많다.
바로알기 | ㄷ. 구간 Ⅱ에서 개체 수는 (가)에서가 (나)에서의 2배이고 서식 공간의 면적도 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로, ⓐ의 개체군밀도는 (가)와 (나)에서 같다.

161



ㄱ. t_1~t_2 구간에서 성장률은 0보다 크므로 이 구간 동안 X의 개체 수는 계속 증가한다. 따라서 개체 수에 비례하는 환경저항은 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.
ㄷ. t_4일 때는 성장률이 0이므로 개체 수가 더 이상 증가하지 않는다. 따라서 t_4일 때 출생한 X의 개체 수와 사망한 X의 개체 수는 같다.
바로알기 | ㄴ. t_2~t_3 구간에서 성장률은 0보다 크므로 이 구간 동안 X의 개체 수는 계속 증가한다. 따라서 서식 공간의 면적이 일정할 때 개체 수에 비례하는 개체군밀도는 t_3일 때가 t_2일 때보다 크다.

162 모범 답안 B, ㉠의 개체 수 증가율은 증가하다가 감소하며 결국 0이 된다. 이때 개체 수 증가율이 0보다 큰 구간에서는 개체 수가 계속 증가하지만 단위 시간당 개체 수 증가 속도가 빨라지다가 느려지며, 개체 수 증가율이

0인 구간에서는 개체 수가 더 이상 증가하지 않고 일정해지므로 ㉠은 S자형 성장곡선인 B를 나타낸다.

채점 기준	배점
B라고 쓰고, 개체 수 증가율과 관련지어 개체 수 증가 속도가 빨라지다가 느려지며 특정 시점 이후에 개체 수가 일정해지기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
B라고 쓰고, 개체 수 증가율을 언급하지 않고 옳게 서술한 경우	70 %
B라고만 쓴 경우	30 %

163 모범 답안 개체 수가 많아질수록 먹이와 서식 공간 부족, 노폐물 축적, 환경오염 등과 같은 환경저항이 커지기 때문이다.

채점 기준	배점
환경저항으로 작용하는 환경요인과 관련지어 환경저항이 커지기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
환경요인을 언급하지 않고 환경저항이 커지기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

164 ①, ② (가)는 새끼 때 부모의 보호를 받아 초기 사망률이 낮고 대부분의 개체가 성체로 성장하는 개체군성장곡선 Ⅰ형이다. 개체군성장곡선 Ⅰ형의 예로는 사람, 코끼리, 사자와 같은 대형 포유류가 있다.

③, ④ (나)는 출생 이후 개체 수가 일정한 비율로 감소하는 개체군성장곡선 Ⅱ형이다. 개체군성장곡선 Ⅱ형의 예로는 다람쥐 등 설치류, 참새나 기러기 등 조류, 히드라가 있다.

바로알기 | ⑤ 대부분의 개체가 성체로 성장하며 생리적 수명을 다하고 죽는 종의 생존곡선 유형은 Ⅰ형(가)이다.

⑥ (다)는 초기 사망률이 높아 성체로 성장하는 개체 수가 적은 개체군성장곡선 Ⅲ형이다. 한 부모에서 한 번에 태어나는 자손의 수는 Ⅰ형(가)에서가 Ⅲ형(다)에서보다 적다.

165 ㄱ. 개체군 A는 자손을 적게 낳지만 초기 사망률이 낮아 대부분의 개체가 성체로 성장하므로 A의 개체군생존곡선 유형은 Ⅰ형에 해당한다. 반면 개체군 B는 자손을 많이 낳지만 초기 사망률이 높아 성체로 성장하는 개체 수가 적으므로 B의 개체군생존곡선 유형은 Ⅲ형에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 상대수명이 0~20인 시기 동안 A에서는 사망한 개체가 없지만 B에서는 거의 대부분의 개체가 사망하였다. 따라서 초기 사망률은 A에서가 B에서보다 낮다.

ㄷ. 참새와 같은 조류 개체군은 연령별 사망률이 일정한 Ⅱ형의 개체군생존곡선을 나타낸다.

166 ㄱ. 초기 사망률이 후기 사망률보다 높은 (가)의 사망률곡선 유형은 ㉠에, 초기 사망률이 후기 사망률보다 낮은 (나)의 사망률곡선 유형은 ㉢에 해당한다.

ㄴ. ㉡은 연령별 사망률이 비교적 일정하여 출생 이후 개체 수가 일정한 비율로 줄어들 것이다.

바로알기 | ㄷ. 고등어와 같은 어류나 굴과 같은 해양 무척추동물은 초기 사망률이 높아 성체로 자라는 개체 수가 적다. 따라서 고등어의 사망률곡선 유형은 초기 사망률이 후기 사망률보다 높은 ㉠에 해당한다.

167 ㄱ. A는 초기 사망률이 후기 사망률보다 높으므로 Ⅲ형의 사망률곡선을, B는 연령별 사망률이 일정하므로 Ⅱ형의 사망률곡선을, C는 초기 사망률이 후기 사망률보다 낮으므로 Ⅰ형의 사망률곡선을 나타낸 것이다.

ㄷ. $\frac{\text{후기 사망률}}{\text{초기 사망률}}$은 초기 사망률이 낮고 후기 사망률이 높을수록 값이 커지므로 C가 가장 크고 A가 가장 작다.

바로알기 | ㄴ. 개체군생존곡선 그래프에서 생존 개체 수를 나타낸 Y축의 값은 상댓값으로, 1000 → 100 → 10 → 1로 바뀐다. 따라서 Ⅱ형에서 ㉠ 시기 동안 사망한 개체 수는 ㉡ 시기 동안 사망한 개체 수보다 많으므로, $\frac{\text{㉠ 시기 동안 사망한 개체 수}}{\text{㉡ 시기 동안 사망한 개체 수}}$는 1보다 크다.

168 A는 영양염류의 양, B는 빛의 세기이다.

② 돌말은 물속에서 광합성을 하는 조류의 일종으로, 생태계구성요소 중 생물요소에 해당한다.

③ 돌말 개체군의 크기는 영양염류의 양, 빛의 세기, 수온 등 환경요인의 계절적 변화에 따라 1년을 주기로 변한다.

⑤ 초봄에 영양염류의 양(A)이 크게 감소한 것은 초봄에 급증한 돌말 개체군이 영양염류를 많이 사용했기 때문이다.

⑦ 여름 동안 돌말의 개체 수가 적어 영양염류가 축적되며, 늦여름에는 축적된 영양염류의 양(A)이 증가함에 따라 돌말 개체군의 개체 수가 늘어난다.

⑧ 초가을에는 빛의 세기(B)가 약해지고 수온이 낮아짐에 따라 환경요인이 돌말의 성장에 적합하지 않아 돌말 개체군의 개체 수가 줄어든다.

바로알기 | ① 겨울에 높고 여름에 낮은 A는 영양염류의 양이고, 반대로 여름에 높고 겨울에 낮은 B는 빛의 세기이다.

④ 초봄에 돌말 개체군의 개체 수가 크게 늘어난 것은 영양염류의 양(A)이 충분한 상태에서 빛의 세기(B)가 강해지고 수온이 높아졌기 때문이다.

⑥ 여름에 빛의 세기(B)가 강하고 수온이 높아도 돌말 개체군의 개체 수가 증가하지 못하는 것은 영양염류가 거의 없기 때문이다. 따라서 여름에 돌말 개체군의 개체 수 증가를 제한하는 가장 큰 환경요인은 영양염류의 양(A)이다.

169 모범 답안 겨울에는 영양염류의 양이 충분하지만 빛의 세기가 약하고 수온이 낮아 환경요인이 돌말의 성장에 적합하지 않기 때문에 돌말 개체군의 개체 수가 적다.

채점 기준	배점
영양염류의 양, 빛의 세기, 수온을 모두 언급하여 옳게 서술한 경우	100 %
영양염류의 양, 빛의 세기, 수온 중 일부만 언급하여 옳게 서술한 경우	70 %

170 대체로 A의 개체 수가 B의 개체 수보다 많고, A의 개체 수 변화에 따라 B의 개체 수도 변하므로 A는 피식자인 눈신토끼, B는 포식자인 스라소니이다.

ㄴ. t_1을 포함한 전 구간에서 눈신토끼(A)와 스라소니(B)는 개체 간의 경쟁이나 먹이 부족, 노폐물 축적 등과 같은 환경저항을 받는다.

ㄷ. 눈신토끼(A)와 스라소니(B) 개체군의 개체 수는 포식과 피식의 관계에 의해 오랜 기간에 걸쳐 주기적으로 변동한다.

바로알기 | ㄱ. 눈신토끼(A)와 스라소니(B)는 서로 다른 종이므로 한 개체군을 이루지 않는다.

ㄹ. 피식자인 눈신토끼(A)를 인위적으로 제거하면 먹이가 없어진 스라소니(B)의 개체 수가 감소할 것이다.

171 ㄱ. ㉠이 증가하면 포식과 피식 관계에 있는 다른 종의 개체 수가 증가하므로 ㉠은 피식자인 B이다.

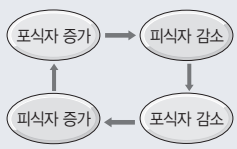
ㄴ. 구간 Ⅰ에서 피식자(B, ㉠)의 개체 수가 줄어든 것은 포식자의 개체 수 증가에 따라 포식자에게 잡아먹힌 피식자(B, ㉠)의 개체 수가 증가했기 때문이다.

ㄷ. 구간 Ⅲ에서 피식자(B, ㉠)의 개체 수가 늘어난 것은 구간 Ⅱ에서 피식자(B, ㉠)의 천적인 포식자(A)의 개체 수가 감소하여 포식자(A)에게 잡아먹힌 피식자(B, ㉠)의 개체 수가 줄어들었기 때문이다.

✔ 개념 보충

군집 내 개체군 사이의 상호작용 중 포식과 피식

- **포식과 피식:** 서로 다른 개체군 사이의 먹고 먹히는 관계이다. 예 치타(포식자)와 톰슨가젤(피식자), 스라소니(포식자)와 눈신토끼(피식자)
- 먹이사슬에서 포식과 피식 관계의 개체군은 서로 영향을 미친다. ➡ 포식과 피식 관계에 따라 포식자의 개체 수와 피식자의 개체 수가 주기적으로 변동하기도 한다.
- 포식자는 피식자 개체군의 크기가 계속 증가하는 것을 막음으로써 피식자 개체군의 크기를 조절한다. ➡ 포식과 피식 관계는 생태계평형을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.



▲ 개체 수의 주기적 변동

172 (가) 혈연관계에 있는 개체들이 모여 생활하는 가족생활이다.
(나) 개체군 내의 한 개체가 리더가 되어 무리를 통솔하며 나머지 개체들은 리더의 지휘를 따르는 리더제이다.
(다) 각 개체가 일정한 영역을 차지하여 먹이, 서식 공간, 배우자를 독점하고 개체군밀도를 알맞게 조절하는 텃세이다.

173 ②, ⑤ 까치 개체군에서는 자신의 세력권을 확보하는 텃세가, 하이에나 개체군에서는 무리 지어 생활하는 가족생활이 주로 나타난다.
바로알기 | ①, ③, ④ 닭 개체군에서는 순위제가, 물개 개체군에서는 텃세가, 기러기 개체군에서는 리더제가 주로 나타난다.

174 왕개미와 양봉꿀벌 개체군에서는 생식, 방어, 먹이 획득 등의 역할에 따라 각 개체가 계급과 업무를 분담하여 생활하는 사회생활이 나타난다.

175 ① 각 개체마다 일정한 영역을 차지하여 자신의 세력권 내 다른 개체의 침입을 막는 텃세는 개체를 분산하여 개체군밀도를 조절하고 지나친 경쟁을 줄여준다.
② 생식, 방어, 먹이 획득 등의 역할에 따라 각 개체가 계급과 업무를 분담하여 생활하는 사회생활은 조직적이고 협력적인 분업화된 사회를 형성한다.
④ 리더제가 나타나는 개체군 내 리더는 개체군이 먹이를 얻거나 위험에 대처하도록 지휘하고, 개체들은 리더의 명령을 따르고 맡은 일을 수행하여 개체군의 질서를 유지한다.
⑤ 가족생활을 하는 개체군은 새끼가 성장하여 독립할 때까지 무리 지어 생활하며, 새끼를 함께 돌보거나 보호하고 함께 먹이를 사냥한다.
바로알기 | ③ 힘의 세기에 따라 순위를 정하여 먹이나 배우자를 차지하는 순위제는 먹이, 생식 시기의 배우자를 차지하기 위한 과도한 경쟁을 피하고 질서를 유지하게 한다.

176 ㄱ. 역할에 따라 각 개체가 계급과 업무를 분담하여 생활하는 (가)는 사회생활이다.
ㄴ. 힘의 세기에 따라 순위를 정하여 먹이나 배우자를 차지하는 (나)는 순위제이다. 뿔의 크기나 뿔 치기로 순위를 정하는 큰뿔양 개체군에서는 순위제(나)가 나타난다.
ㄷ. 각 개체마다 세력권을 확보하고 다른 개체의 침입을 막는 (다)는 텃세이다. 세력권(㉠)은 개체 또는 개체군이 먹이나 배우자를 차지하기 위해 다른 개체나 개체군으로부터 방어하고 점유하는 지역이다.

177 (가)는 텃세, (나)는 리더제이다.
ㄱ. 얼룩말은 일정한 서식 공간을 차지하고 다른 개체가 침입하는 것을 경계하므로 얼룩말 개체군에서 주로 나타나는 상호작용은 텃세(가)이다.
ㄷ. '암컷 불곰은 새끼와 함께 살며 새끼를 돌보고 사냥하는 법을 가르친다.'는 가족생활의 예(㉠)에 해당한다.
바로알기 | ㄴ. 눈신토끼 개체군과 스라소니 개체군 사이에서 나타나는 상호작용은 포식과 피식으로, 이는 개체군 내 상호작용이 아닌 군집 내 개체군 사이의 상호작용에 해당한다.

178 (가)는 리더제, (나)는 순위제이다.
ㄷ. 개체군을 구성하는 개체들은 종 내에서 개체 간의 불필요한 경쟁을 줄이고 개체군 내 질서를 유지하기 위해 리더제(가)와 순위제(나)를 포함한 다양한 상호작용을 한다.
바로알기 | ㄱ. 순위제(나)에서는 개체군 내 모든 개체의 순위가 정해져 있지만, 리더제(가)에서는 리더를 제외한 나머지 개체 사이에 순위가 없다.
ㄴ. 리더제(가)와 순위제(나)는 같은 종의 개체 사이에서 일어나는 상호작용에 해당하며, 서로 다른 종 사이에서 일어나는 상호작용에는 종간경쟁, 분서, 공생, 기생 등이 있다.

179 아프리카코끼리 개체군에서는 경험이 많은 한 개체가 리더가 되어 무리 전체를 이끌어가는 리더제(㉠)와 어미와 새끼가 무리 지어 생활하는 가족생활(㉡)이 함께 나타난다.

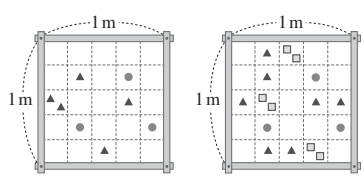
180 ⑤ 은어가 세력권을 형성하여 다른 개체의 침입을 막는 것과 수컷 버들붕어가 자신의 세력권에 접근한 다른 수컷을 공격하는 것은 모두 텃세의 예이다.
바로알기 | ① 큰기러기가 다른 지역으로 이동할 때 리더를 따라 이동하는 것은 리더제의 예에 해당한다.
② 잎꾼개미가 일개미, 여왕개미, 병정개미 등으로 구성원의 역할이 분담되어 있는 것은 사회생활의 예에 해당한다.
③ 사자가 혈연적으로 가까운 사자들끼리 무리 지어 생활하며 새끼를 함께 돌보는 것은 가족생활의 예에 해당한다.
④ 일본원숭이가 힘의 세기에 따라 순위를 정하고 순위에 따라 먹이를 먹고 암컷을 차지하는 것은 순위제의 예에 해당한다.

08 군집의 특성과 천이

빈출 자료 보기 57쪽

181 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○ (8) × (9) ○

181



방형구 1개의 면적은 1 m^2이며 총 25칸으로 이루어져 있으므로 한 칸의 면적은 $\frac{1}{25}=0.04\ m^2$이다.

종	밀도	빈도	피도
A	$\frac{12}{2\ m^2}=6/m^2$	$\frac{2}{2}=1$	$\frac{(0.04\times11)\ m^2}{2\ m^2}=0.22$
B	$\frac{6}{2\ m^2}=3/m^2$	$\frac{2}{2}=1$	$\frac{(0.04\times6)\ m^2}{2\ m^2}=0.12$
C	$\frac{6}{2\ m^2}=3/m^2$	$\frac{1}{2}=0.5$	$\frac{(0.04\times3)\ m^2}{2\ m^2}=0.06$
총합	$12/m^2$	2.5	0.4

종	상대밀도(%)	상대빈도(%)	상대피도(%)	중요치
A	$\frac{6}{12}\times100=50$	$\frac{1}{2.5}\times100=40$	$\frac{0.22}{0.4}\times100=55$	50+40+55=145
B	$\frac{3}{12}\times100=25$	$\frac{1}{2.5}\times100=40$	$\frac{0.12}{0.4}\times100=30$	25+40+30=95
C	$\frac{3}{12}\times100=25$	$\frac{0.5}{2.5}\times100=20$	$\frac{0.06}{0.4}\times100=15$	25+20+15=60
총합	100	100	100	300

(1) A의 밀도는 $6/m^2$, B의 밀도는 $3/m^2$이므로, A의 밀도는 B의 밀도보다 크다.
(2) A의 빈도는 1, C의 빈도는 0.5이므로, A의 빈도는 C의 빈도의 2배이다.
(4) A의 상대밀도는 $\frac{6}{12}\times100=50$ %이다.
(7) 중요치는 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 모두 합한 값으로, 중요치를 비교하여 식물군집의 우점종을 결정한다.
(9) A~C 중 중요치가 145로 가장 큰 A가 이 식물군집의 우점종이다.
바로알기 | (3) B의 피도는 0.12, C의 피도는 0.06이므로, B의 피도는 C의 피도보다 크다.
(5) B의 상대빈도는 $\frac{1}{2.5}\times100=40$ %, C의 상대빈도는 $\frac{0.5}{2.5}\times100=20$ %이므로, B의 상대빈도는 C의 상대빈도보다 크다.
(6) 상대피도는 A가 55 %로 가장 크다.
(8) 중요치는 A가 145로 가장 높다.

난이도별 필수 기출 58쪽~63쪽

182 ④ 183 사막 184 ④ 185 ⑤ 186 ④ 187 ④
188 ③ 189 해설 참조 190 ② 191 해설 참조 192 해설 참조
193 ① 194 ⑤ 195 ③ 196 ② 197 ① 198 ①
199 ④ 200 ① 201 ②, ⑥ 202 해설 참조 203 ⑤
204 ① 205 ③ 206 ① 207 ⑤

182 ① 일정한 지역에 여러 종류의 개체군이 모여 살아가는 집단을 군집이라고 한다.
③ 식물의 광합성에 영향을 미치는 빛, 물, 온도 등 비생물요소가 지역마다 다르므로 지역에 따라 다양한 군집이 형성된다. 따라서 광합성을 하는 생산자인 식물은 군집의 특성을 결정하는 중요한 생물요소이다.
⑤ 군집을 이루는 개체군은 포식과 피식의 먹이 관계에 따라 먹이사슬을 형성하고, 여러 먹이사슬이 복잡하게 얽혀 먹이그물을 형성한다.
바로알기 | ④ 육상군집은 기온과 강수량 등 환경의 차이로 삼림, 초원, 사막 등 다양한 형태로 나타난다. 강, 하천, 호수, 바다는 육상군집이 아닌 수생군집에 속한다.

183 강수량이 매우 적고 건조한 지역에 형성되며, 건조한 환경에 적응한 동물과 식물이 사는 군집은 사막이다. 사막에는 열대 지방의 열대사막, 온대 내륙 지방의 온대사막, 한대 지방과 극지방 부근의 한대사막(툰드라) 등이 있다.

184 ㄱ. (가)는 군집을 구성하는 개체군 중 개체 수가 가장 적어 특정 지역이나 생태계에서 희귀하게 발견되는 희소종이다.
ㄷ. 지표종은 특정 환경 조건을 충족하는 군집에서만 발견되어 군집의 특성을 잘 나타내는 개체군이다.
바로알기 | ㄴ. (나)는 개체 수가 가장 많거나 가장 넓은 면적을 차지하여 군집을 대표할 수 있는 우점종이다. 이산화 황 농도가 낮은 곳에 서식하여 대기 중 이산화 황의 오염 정도를 알려주는 지의류는 지표종의 예에 해당한다.

185 ㄴ. 강수량이 많고 식물이 자라기에 기온이 적당한 지역에 형성되는 (나)는 삼림이다. 열대 지방의 열대우림, 온대 지방의 온대림, 아한대 지방의 북부침엽수림은 삼림의 예(ⓐ)에 해당한다.
ㄷ. 초원은 삼림보다 강수량이 적은 지역에 형성된다. 많은 종류의 목본과 초본(풀)이 함께 자라는 삼림과 다르게 초원은 초본 개체군 중심의 군집이다.
바로알기 | ㄱ. 강수량이 매우 적고 건조하여 식물이 자라기 어려운 지역에 형성되는 (가)는 사막이다.

186 ㄱ. (가)는 위도에 따른 기온과 강수량의 차이로 위도마다 다른 군집이 나타나는 수평분포이다. 수평분포(가)에서 연평균 강수량이 적어질수록 식물군집이 삼림(열대우림, 상록활엽수림, 침엽수림 등) – 초원(온대초원, 열대초원 등) – 사막 순으로 나타난다.
ㄷ. (나)에서 높이(고도)가 높아질수록 기온이 낮아져 활엽수림 – 침엽수림 – 관목 순으로 나타난다.
바로알기 | ㄴ. (나)는 한 지역 내에서 고도에 따른 기온의 차이로 수직적으로 다른 군집이 나타나는 수직분포이다.

187 A는 사막, B는 열대우림, C는 침엽수림이다. 열대우림(B)과 침엽수림(C)은 육상군집 중 삼림에 속한다.
ㄴ. 연평균 기온은 열대우림(B)이 침엽수림(C)보다 높으므로, 군집이 위치하는 위도는 열대우림(B)이 침엽수림(C)보다 낮다.
ㄷ. 침엽수림(C)은 주로 소나무, 전나무, 향나무와 같이 바늘 모양의 잎을 가진 침엽수로 구성된다.
바로알기 | ㄱ. 사막(A)에는 건조한 환경에 적응한 동물과 식물만 서식하지만 열대우림(B)과 침엽수림(C)에는 다양한 종류의 목본과 초본이 서식한다. 따라서 생물다양성은 열대우림(B)에서가 사막(A)에서보다 높다.

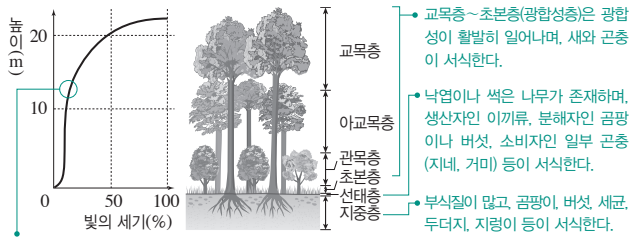
188 ㄱ. 한 지역에서 고도가 높아질수록 기온이 낮아져 활엽수림 – 침엽수림 – 관목 순으로 나타나므로, (가)는 관목대, (나)는 침엽수림대, (다)는 낙엽활엽수림대이다. 즉, 식물군집의 수직분포에 영향을 미친 주된 환경요인은 온도이다.
ㄴ. 관목대(가)는 주로 높이가 2 m 이하의 나무인 관목으로 구성되므로, 침엽수림대(나)를 주로 구성하는 침엽수나 낙엽활엽수림대(다)를 주로 구성하는 낙엽활엽수보다 평균 키가 작다.
바로알기 | ㄷ. 침엽수림대(나)를 주로 구성하는 침엽수는 바늘 모양의 잎을 가지며, 낙엽활엽수림대(다)를 주로 구성하는 낙엽활엽수는 한해살이의 넓은 잎을 가진다.

✓ 개념 보충
- **낙엽활엽수:** 한해살이의 넓은 잎을 가지고 있어 가을이나 겨울에 잎이 떨어지는 나무이다. 예 은행나무, 단풍나무
- **침엽수:** 바늘 모양의 잎을 가진 나무이며, 건조와 추위에 강하다. 예 소나무, 향나무
- **관목:** 높이가 2 m 이하인 나무로, 밑동이나 땅속에서 여러 개의 줄기가 나온다. 예 개나리, 산철쭉

189 모범 답안 (나), 각 영양단계를 구성하는 개체군이 다양할수록 복잡한 먹이그물을 형성하여 한 종이 멸종되더라도 같은 역할을 하는 다른 개체군이 존재하므로 생태계가 안정적으로 유지되기 때문이다.

채점 기준	배점
(나)를 쓰고, 개체군이 다양할수록 복잡한 먹이그물을 형성하여 생태계가 안정적으로 유지된다고 옳게 서술한 경우	100 %
(나)를 쓰고, 먹이그물이 복잡하기 때문이라고만 서술한 경우	70 %
(나)만 쓴 경우	30 %

190



ㄴ. 식물군집의 층상구조 중 빛의 세기가 가장 강한 교목층에서 광합성이 가장 활발하게 일어난다.

ㄹ. 삼림의 층상구조는 각 층의 식물이 빛을 최대한 활용할 수 있는 구조로 되어 있다.

바로알기 | ㄱ. 높이가 낮아질수록 빛이 가려져 각 층에 도달하는 빛의 세기가 감소한다.

ㄷ. 지중층에는 부식질이 많고, 세균류, 균류, 지렁이 등이 서식한다. 이끼류가 서식하는 층은 선태층이다.

191

모범 답안 중요치는 각 식물 종의 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 합한 값이므로, A의 중요치는 15+10+20=45, B의 중요치는 40+30+20=90, C의 중요치는 30+50+40=120, D의 중요치는 15+10+20=45이다.

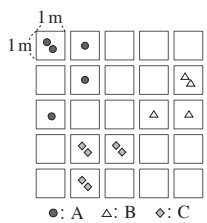
채점 기준	배점
A~D의 중요치와 풀이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~D의 중요치 중 세 가지만 풀이 과정과 함께 옳게 서술한 경우	70 %
A~D의 중요치 중 두 가지만 풀이 과정과 함께 옳게 서술한 경우	40 %

192

모범 답안 C, 중요치가 가장 큰 개체군이 우점종이므로 이 식물군집의 우점종은 중요치가 가장 큰 C이다.

채점 기준	배점
C라고 쓰고, 중요치가 가장 크기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
C라고만 쓴 경우	30 %

193



종	상대피도(%)
A	48
B	12
C	40

종	밀도	빈도	상대밀도(%)	상대빈도(%)	중요치
A	$\frac{5}{25\,m^2}=0.2/m^2$	$\frac{4}{25}=0.16$	$\frac{0.2}{0.6}\times100\fallingdotseq33.3$	$\frac{0.16}{0.4}\times100=40$	121.3
B	$\frac{4}{25\,m^2}=0.16/m^2$	$\frac{3}{25}=0.12$	$\frac{0.16}{0.6}\times100\fallingdotseq26.7$	$\frac{0.12}{0.4}\times100=30$	68.7
C	$\frac{6}{25\,m^2}=0.24/m^2$	$\frac{3}{25}=0.12$	$\frac{0.24}{0.6}\times100=40$	$\frac{0.12}{0.4}\times100=30$	110
총합	$0.6/m^2$	0.4	100	100	300

② B와 C의 빈도는 0.12로 같다.

③ 상대밀도는 C가 40 %, B가 약 26.7 %이므로 C가 B보다 크다.

④ A의 상대빈도는 $\frac{0.16}{0.4}\times100=40$ %이다.

⑤ C의 중요치는 40+30+40=110이다.

⑥ A~C 중 중요치는 121.3인 A가 가장 크다.

바로알기 | ① 밀도가 가장 높은 종은 개체 수가 가장 많은 C이다.

194

종	개체 수	출현한 방형구 수	점유한 면적(m^2)
A	25	5	0.3
B	20	6	1.7
C	46	4	2.4
D	9	5	0.6
총합	100	20	5.0

상대밀도, 상대빈도, 상대피도는 각각 다음의 식으로 구할 수 있다.

- 상대밀도(%)$=\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{A~D의 개체 수 총합}}\times100$
- 상대빈도(%)$=\frac{\text{특정 종이 출현한 방형구 수}}{\text{A~D가 출현한 방형구 수 총합}}\times100$
- 상대피도(%)$=\frac{\text{특정 종이 점유한 면적}}{\text{A~D가 점유한 면적 총합}}\times100$

종	상대밀도(%)	상대빈도(%)	상대피도(%)	중요치
A	$\frac{25}{100}\times100=25$	$\frac{5}{20}\times100=25$	$\frac{0.3}{5.0}\times100=6$	56
B	$\frac{20}{100}\times100=20$	$\frac{6}{20}\times100=30$	$\frac{1.7}{5.0}\times100=34$	84
C	$\frac{46}{100}\times100=46$	$\frac{4}{20}\times100=20$	$\frac{2.4}{5.0}\times100=48$	114
D	$\frac{9}{100}\times100=9$	$\frac{5}{20}\times100=25$	$\frac{0.6}{5.0}\times100=12$	46
총합	100	100	100	300

ㄴ. D의 상대빈도는 $\frac{5}{20}\times100=25$ %이다.

ㄷ. B의 중요치=20+30+34=84이고, C의 중요치=46+20+48=114이다.

바로알기 | ㄱ. A의 밀도는 $\frac{25}{10\,m^2}=2.5/m^2$이다.

195

(가)에서 서식 공간의 면적을 S, (나)에서 서식 공간의 면적을 2S라고 하여 개체군밀도와 상대밀도를 구하면 다음과 같다.

(가)

종	개체 수	개체군밀도	상대밀도(%)
A	50	$\frac{50}{S}$	$\frac{50}{100}\times100=50$
B	25	$\frac{25}{S}$	$\frac{25}{100}\times100=25$
C	25	$\frac{25}{S}$	$\frac{25}{100}\times100=25$

(나)

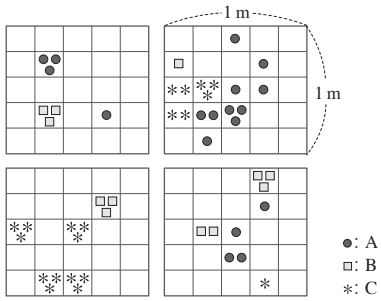
종	개체 수	개체군밀도	상대밀도(%)
A	70	$\frac{70}{2S}$	$\frac{70}{150}\times100\fallingdotseq46.7$
B	30	$\frac{30}{2S}$	$\frac{30}{150}\times100=20$
C	50	$\frac{50}{2S}$	$\frac{50}{150}\times100\fallingdotseq33.3$

ㄱ. (가)와 (나)에서 A의 상대빈도는 같고, (나)에서 A의 상대빈도는 $\frac{0.5}{1.0}\times100=50$ %이다. 따라서 (가)에서 A의 상대빈도는 $\frac{㉠}{㉠+0.2+0.1}\times100=50$ %이므로, ㉠은 0.3이다.

ㄴ. B의 상대빈도는 (가)에서 25 %이고, (나)에서 20 %이다.

바로알기 | ㄷ. C의 개체군밀도는 (가)에서 $\frac{25}{S}$, (나)에서 $\frac{50}{2S}$이므로, (가)와 (나)에서 같다.

196



종	밀도	빈도	피도
A	$\frac{18}{4\,m^2}=4.5/m^2$	$\frac{3}{4}=0.75$	$\frac{12\times0.04}{4}=0.12$
B	$\frac{12}{4\,m^2}=3/m^2$	$\frac{4}{4}=1$	$\frac{5\times0.04}{4}=0.05$
C	$\frac{20}{4\,m^2}=5/m^2$	$\frac{3}{4}=0.75$	$\frac{8\times0.04}{4}=0.08$
총합	$12.5/m^2$	2.5	0.25

종	상대밀도(%)	상대빈도(%)	상대피도(%)	중요치
A	$\frac{4.5}{12.5}\times100=36$	$\frac{0.75}{2.5}\times100=30$	$\frac{0.12}{0.25}\times100=48$	114
B	$\frac{3}{12.5}\times100=24$	$\frac{1}{2.5}\times100=40$	$\frac{0.05}{0.25}\times100=20$	84
C	$\frac{5}{12.5}\times100=40$	$\frac{0.75}{2.5}\times100=30$	$\frac{0.08}{0.25}\times100=32$	102

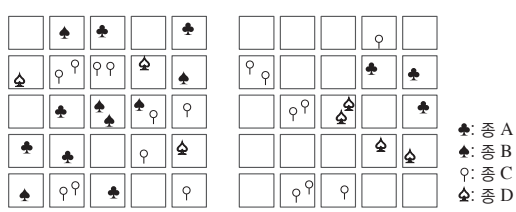
ㄴ. 피도는 방형구에서 특정 종이 출현한 칸의 수에 비례한다. 따라서 출현한 방형구 칸의 수가 12개인 A는 8개인 C보다 피도의 크기가 크다.

ㄷ. B의 상대밀도는 $\frac{3}{12.5}\times100=24$ %, C의 상대빈도는 $\frac{0.75}{2.5}\times100=30$ %이므로, B의 상대밀도는 C의 상대빈도보다 작다.

바로알기 | ㄱ. A의 밀도는 $\frac{18}{4\,m^2}=4.5/m^2$, B의 밀도는 $\frac{12}{4\,m^2}=3/m^2$이므로, A의 밀도는 B의 밀도보다 크다.

ㄹ. A의 중요치는 36+30+48=114, B의 중요치는 24+40+20=84, C의 중요치는 40+30+32=102이므로, 이 식물군집의 우점종은 중요치가 가장 큰 A이다.

197



(가) (나)

(가)

종	개체 수	빈도	상대밀도(%)	상대빈도(%)	상대피도(%)
A	6	$\frac{6}{25}=0.24$	$\frac{6}{25}\times100=24$	$\frac{0.24}{0.84}\times100\fallingdotseq28.6$	25
B	6	$\frac{5}{25}=0.2$	$\frac{6}{25}\times100=24$	$\frac{0.2}{0.84}\times100\fallingdotseq23.8$	25
C	10	$\frac{7}{25}=0.28$	$\frac{10}{25}\times100=40$	$\frac{0.28}{0.84}\times100\fallingdotseq33.3$	25
D	3	$\frac{3}{25}=0.12$	$\frac{3}{25}\times100=12$	$\frac{0.12}{0.84}\times100\fallingdotseq14.3$	25
총합	25	0.84	100	100	100

(나)

종	개체 수	빈도	상대밀도(%)	상대빈도(%)	상대피도(%)
A	3	$\frac{3}{25}=0.12$	$\frac{3}{15}\times100=20$	$\frac{0.12}{0.44}\times100\fallingdotseq27.3$	33.3
B	0	0	0	0	0
C	8	$\frac{5}{25}=0.2$	$\frac{8}{15}\times100\fallingdotseq53.3$	$\frac{0.2}{0.44}\times100\fallingdotseq45.4$	33.3
D	4	$\frac{3}{25}=0.12$	$\frac{4}{15}\times100\fallingdotseq26.7$	$\frac{0.12}{0.44}\times100\fallingdotseq27.3$	33.3
총합	15	0.44	100	100	100

ㄱ. 밀도는 특정 종의 개체 수를 전체 방형구의 면적으로 나눈 값으로, 방형구 안에서 조사된 개체 수에 비례한다. (가)에서 A와 B의 개체 수는 같으므로 A와 B의 밀도도 같다.

ㄴ. (가)와 (나) 각각에서 A~D 중 출현한 종들의 피도는 모두 같으므로, 이들 종의 상대피도도 서로 같다. 따라서 우점종은 상대밀도와 상대빈도의 합이 가장 큰 종이므로, (가)와 (나)에서 우점종은 C로 같다.

바로알기 | ㄷ. (가)에서 B의 빈도는 $\frac{5}{25}=0.2$, (나)에서 C의 빈도는 $\frac{5}{25}=0.2$이므로, (가)에서 B의 빈도와 (나)에서 C의 빈도는 같다.

ㄹ. (가)에서 C의 상대밀도는 $\frac{10}{25}\times100=40$ %, (나)에서 D의 상대빈도는 $\frac{0.12}{0.44}\times100\fallingdotseq27.3$ %이므로, (가)에서 C의 상대밀도는 (나)에서 D의 상대빈도보다 크다.

198

A~C의 상대밀도, 상대빈도, 상대피도의 합은 각각 100 %이다.

지역	종	개체 수	상대빈도(%)	상대피도(%)	중요치	상대밀도(%)
Ⅰ	A	10	? 20	30	100	50
	B	㉠ 5	40	25	90	25
	C	5	40	? 45	? 110	$\frac{5}{20}\times100=25$
Ⅱ	A	30	40	? 25	125	60
	B	15	? 30	? 40	? 100	30
	C	? 5	30	35	75	75−(30+35)=10

❶ 지역 Ⅰ에서 상대빈도의 합은 100이므로 A의 상대빈도는 100−(40+40)=20 %이고, B의 중요치는 90이므로 B의 상대밀도는 90−(40+25)=25 %이다. 또한 B의 상대밀도=$\frac{\text{B의 개체 수}}{\text{A~C의 개체 수 총합}}\times100=\frac{㉠}{10+㉠+5}\times100=25$ %이므로 B의 개체 수(㉠)는 5이다.

❷ 지역 Ⅱ에서 B의 상대빈도는 100−(40+30)=30 %이고, C의 상대밀도는 75−(30+35)=$\frac{\text{C의 개체 수}}{30+15+\text{C의 개체 수}}\times100=10$ %이므로 C의 개체 수는 5이다. 또한 Ⅱ에서 A의 상대밀도와 B의 상대밀도의 합은 100−10=90 %이고, A가 B보다 개체 수가 2배 많으므로 상대밀도도 2배 크다. 따라서 A의 상대밀도는 60 %이고, B의 상대밀도는 30 %이다.

ㄱ. Ⅰ에서 B의 개체 수(㉠)는 5이다.

바로알기 | ㄴ. Ⅱ에서 지표를 덮고 있는 면적이 가장 큰 종은 상대피도가 40 %로 가장 큰 B이다.

ㄷ. Ⅰ에서의 우점종은 중요치가 110으로 가장 큰 C이고, Ⅱ에서의 우점종은 중요치가 125로 가장 큰 A이다.

199

ㄱ. 처음부터 생물이 없었던 용암 대지에서 시작하는 1차 천이의 개척자는 지의류(A)이다. 이후 토양이 형성되면 초본류가 유입된 뒤 환경 조건이 점차 변하면서 다년생 초본류, 관목류, 양수림(B), 혼합림, 음수림(C) 등 다양한 식물군집이 나타난다.

ㄷ. 이 지역의 식물군집은 음수림(C)에서 극상을 이룬다.

바로알기 | ㄴ. 양수림(B)의 우점종은 양수이고, 음수림(C)의 우점종은 음수이다.

200 ㄱ. 호수와 같이 습한 곳에서 시작하므로 이 지역에서 일어난 천이는 1차 천이 중 습성천이이다.

바로알기 | ㄴ. 유기물과 퇴적물이 쌓여 습지가 형성되면 이끼류가 정착하고 이후 성장이 빠른 초본이 자라면서 초원(A)을 형성한다.

ㄷ. 음지에서는 빛 요구량이 적은 음수림(C)의 우점종인 음수가 빛 요구량이 많은 양수림(B)의 우점종인 양수보다 잘 자란다.

201 ① (가)는 기존의 식물군집이 산불로 파괴되어 대부분 사라졌지만 토양이 남아 있는 곳에서 다시 시작되는 2차 천이 과정이고, (나)는 토양의 발달이 미약하고 생물이 없었던 곳에서 시작되는 1차 천이 과정이다. A는 초원, B는 양수림, C는 음수림이다.

③ 천이가 진행될수록 숲이 우거져 숲의 하층에 도달하는 빛의 양이 점차 줄어든다. 따라서 지표면에 도달하는 빛이 양은 양수림(B)에서가 음수림(C)에서보다 많다.

④ (나)는 용암 대지의 건조한 곳에서 시작되는 건성천이에 해당한다.

⑤ (나)에서 초기에는 토양이 형성되는 속도가 천이의 속도를 결정하지만, 초원(A)과 관목림이 형성된 이후 양수림(B), 혼합림, 음수림(C)으로 진행되는 후기에는 빛이 천이에 영향을 미치는 주된 환경요인으로 작용한다.

바로알기 | ② 2차 천이(가)와 1차 천이(나)에서 모두 음수림(C)에서 극상을 이룬다.

⑥ 1차 천이(나)에서 천이가 진행될수록 토양의 깊이와 토양 속 수분량 및 유기물의 양은 증가한다.

202 **모범 답안** 2차 천이(가)는 토양이 남아 있는 곳에서 기존 식물의 종자나 뿌리 등이 자라거나 다른 곳에서 유입된 종자가 자라 시작하므로 초본이 개척자가 되어 진행 속도가 빠르다. 반면 1차 천이(나)는 생물이 없고 토양이 형성되지 않은 곳에서 지의류가 개척자가 되므로 진행 속도가 느리다.

채점 기준	배점
개척자 및 천이의 진행 속도를 모두 포함하여 (가)와 (나) 과정을 옳게 비교한 경우	100 %
개척자를 포함하지 않고 천이의 진행 속도만을 언급하여 (가)와 (나) 과정을 옳게 비교한 경우	50 %
(가)와 (나) 과정의 개척자만 쓴 경우	30 %

203 ㄱ. (가)에서 지의류에 의해 토양이 형성된 것은 생물요소가 비생물요소에 영향을 미친 예에 해당한다.

ㄴ. 천이 과정에서 초원이 형성된 이후 크기가 작은 관목이 자라 관목림(㉠)이 형성된다.

ㄷ. 양수는 강한 빛에 적응하여 잎의 울타리조직이 발달해 잎이 두껍지만, 음수는 약한 빛을 효율적으로 흡수하기 위해 잎이 넓고 얇다. 따라서 양수림(㉡)의 우점종인 양수가 음수림(㉢)의 우점종인 음수보다 잎의 평균 두께가 두껍다.

204 ㄱ. 지의류(㉠)는 조류와 균류가 상리공생하며 함께 생활하는 공생체로, 생태계구성요소 중 생물요소에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. X의 평균 높이는 지의류(㉠), 초원, 양수림(㉡), 음수림(㉢)으로 진행될수록 높아지므로 t_2일 때가 t_1일 때보다 높다.

ㄷ. 빛의 세기가 강할 때는 양수가 음수보다 성장 속도와 번식 속도가 빠르지만 빛의 세기가 약해지면 빛 요구량이 많은 양수는 잘 자라지 못하고 그늘에서 잘 자라고 번식하는 음수가 잘 자란다. 따라서 빛의 세기가 약할 때 양수림(㉡)의 우점종인 양수의 묘목이 음수림(㉢)의 우점종인 음수의 묘목보다 성장 속도가 느리다.

205 ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이다.

ㄱ. K의 총생산량은 양수림(㉠)이 출현했을 때가 음수림(㉡)이 출현했을 때보다 많다.

ㄷ. 순생산량은 총생산량 중 호흡량을 제외한 유기물의 양이다. K의 순생산량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 많고, 호흡량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 적으므로, K의 $\frac{\text{순생산량}}{\text{호흡량}}$은 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 호흡량은 생산자가 자신의 호흡으로 소비한 유기물의 양이며, 식물체에 저장되는 유기물의 양은 성장량에 포함한다.

206 t_1일 때와 t_2일 때 A~D의 상대밀도와 상대빈도의 총합은 각각 100 %이다.

종	상대밀도 (%)	상대빈도 (%)
A	㉠ 21	24
B	31	29
C	24	㉡ 25
D	24	22
총합	100	100

〈t_1일 때〉

천이의 진행 →

종	상대밀도 (%)	상대빈도 (%)
A	7	10
B	㉢ 22	23
C	55	54
D	16	㉣ 13
총합	100	100

〈t_2일 때〉

ㄱ. ㉠(21)과 ㉡(25)의 합은 46이고, ㉢(22)과 ㉣(13)의 합은 35이다.

바로알기 | ㄴ. 개체 수가 많을수록 밀도가 크고 밀도가 클수록 상대밀도가 크므로, t_1일 때 군집 내 개체 수는 C가 A보다 많다.

ㄷ. 두 시점에서 모두 A~D의 상대피도는 25 %이므로 상대밀도와 상대빈도의 합이 가장 큰 종이 우점종이다. 따라서 t_1일 때의 우점종은 B이고, t_2일 때의 우점종은 C이다.

207

구분	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
빈도	0.41	0.32	0.19	0.08
개체 수	60	36	? 18	6
상대밀도(%)	? 50	30	? 15	5
상대피도(%)	37	53	5	? 5
상대빈도(%)	41	32	19	8
중요치	128	115	39	18

❶ Ⅱ의 상대밀도는 30 %이므로 $\frac{36}{60+36+(\text{Ⅲ의 개체 수})+6}\times 100=30$을 계산하면, Ⅲ의 개체 수는 18이다. 이와 같이 $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{120}\times 100$으로 Ⅰ~Ⅳ의 상대밀도를 계산할 수 있다. 즉, Ⅰ의 상대밀도는 $\frac{60}{120}\times 100=50$ %이고, Ⅲ의 상대밀도는 $\frac{18}{120}\times 100=15$ %이다.

❷ Ⅰ~Ⅳ의 상대피도의 합은 100 %이므로 Ⅳ의 상대피도는 $100-(37+53+5)=5$ %이다.

❸ Ⅰ~Ⅳ의 빈도를 모두 더하면 1이 되므로 A~D의 상대빈도는 각각 빈도×100(%)이다.

ㄱ. X의 천이 과정에서 A는 초원, B는 양수림, C는 음수림이다. 이때 (가)에서 양수인 Ⅰ과 Ⅱ의 중요치는 음수인 Ⅲ과 Ⅳ의 중요치보다 높으므로 (가)는 우점종이 양수인 양수림(B)이다.

ㄴ. Ⅲ의 개체 수는 18이고, 상대밀도는 15 %이다.

ㄷ. (가)에서 Ⅰ의 중요치가 128로 가장 크다.

09 군집 내 개체군 사이의 상호작용

빈출 자료 보기 65쪽

208 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ×

208 (1) (가)에서 A~C를 단독 배양했을 때 개체군의 성장곡선은 각각 개체 수가 일정 값 이상으로 증가하지 않는 S자형 성장곡선을 나타낸다.
(2) (가)에서 A를 단독 배양했을 때 A의 개체 수가 많아질수록 환경저항이 커져 S자형 성장곡선을 나타내므로, (가)에서 A는 환경저항을 받는다.
(4) (나)에서 B는 개체 수가 점차 감소하다가 사라지고 A만 살아남았으므로, A와 B 사이에 종간경쟁이 일어났음을 알 수 있다.
바로알기 | (3) A와 B는 서로 다른 종이므로 각기 다른 개체군을 이룬다.
(5) A와 B가 포식과 피식의 관계라면 (나)에서 A와 B의 개체 수는 주기적으로 변동할 것이다.
(6) 경쟁배타원리는 생태적 지위가 비슷한 두 종 사이에서 심한 종간경쟁이 일어나 경쟁에서 이긴 개체군은 살아남지만 경쟁에서 진 개체군은 사라지는 것이다. 따라서 경쟁배타원리는 (나)의 A와 B 사이에 적용되었다.
(7) (다)에서는 (가)에 비해 A와 C의 개체 수의 최댓값이 모두 증가했으므로 A와 C 사이의 상호작용은 상리공생이다.

난이도별 필수 기출 66쪽~69쪽

209 ② 210 ③ 211 ④ 212 ① 213 ②
214 해설 참조 215 ③ 216 ① 217 ① 218 ①
219 ③ 220 ③ 221 ④ 222 해설 참조 223 ①
224 ② 225 ⑤ 226 ⑤

209 ① 같은 종류의 먹이를 먹는 짚신벌레 두 종은 생태적 지위가 비슷하므로 함께 배양하면 종간경쟁이 일어난다.
③ 물가에 사는 새들과 같이 생태적 지위가 비슷한 개체군들이 함께 생활하면서 먹이를 잡는 공간과 방식을 달리하여 경쟁을 피하는 것은 분서이다.
④ 사람과 기생충, 개와 진드기 같이 함께 생활할 때 한 개체군(기생 생물)이 다른 개체군(숙주)에게 피해를 주는 것은 기생이다.
⑤ 동백꽃과 동박새는 상호작용을 통해 모두 이익을 얻으므로, 이들의 상호작용은 상리공생이다.
⑥ 상호작용을 통해 빨판상어는 이익을 얻지만 거북은 이익도 손해도 없으므로, 이들의 상호작용은 편리공생이다.
바로알기 | ② 종간경쟁을 하는 개체군은 경쟁 결과 모두 손해를 입으므로, 두 종 사이에 종간경쟁이 일어나면 두 종의 개체 수는 모두 감소한다. 경쟁에서 진 개체군의 개체 수는 점점 줄어들다가 완전히 사라지는 경쟁배타원리가 적용되기도 한다.

210 ㄱ. 꿀잡이새와 꿀잡이오소리는 상호작용을 통해 모두 이익을 얻으므로, (가)는 상리공생의 예이다.
ㄷ. 지의류의 균류와 조류는 상호작용을 통해 모두 이익을 얻으므로, 이들의 상호작용은 상리공생이다.
바로알기 | ㄴ. 착생난초와 나무의 상호작용을 통해 착생난초는 이익을 얻지만 나무는 이익도 손해도 없으므로, (나)는 편리공생의 예이다. 기생생물은 기생 관계에서 이익을 얻는 생물이고, 숙주는 기생 관계에서 손해를 입는 생물이다.

211 ㄴ. 분서(가)와 텃세(나)는 모두 생태적 지위가 중복될 때 경쟁을 피하기 위해 서식 공간을 달리하는 상호작용이다.
ㄷ. 분서(가)는 군집 내 여러 개체군 사이에서 일어나는 상호작용이고, 텃세(나)는 하나의 개체군 내 개체 사이에서 일어나는 상호작용이다.
바로알기 | ㄱ. 솔새 A~E는 서로 다른 종이므로 한 나무에서 서식한다고 해도 한 개체군을 이루지 않는다.

212 분서와 종간경쟁은 군집 내 개체군 사이에서 일어나는 상호작용이고, 텃세와 사회생활은 개체군 내 개체 사이에서 일어나는 상호작용이다. 또한 종간경쟁을 하는 두 개체군은 경쟁 결과 모두 손해를 입지만, 분서를 하는 두 개체군은 경쟁을 피함으로써 생존 기회를 높인다. 따라서 A는 종간경쟁, B는 분서이고, C와 D는 각각 텃세와 사회생활 중 하나이다.
ㄱ. 종간경쟁(A)과 분서(B)는 모두 생태적 지위가 비슷한 개체군 사이에서 일어나는 상호작용이다.
바로알기 | ㄴ. 피라미와 은어는 함께 살면 먹이의 종류와 서식 공간을 달리하므로, 이들의 상호작용은 분서(B)이다.
ㄷ. ㉠이 '각 개체가 역할에 따라 계급과 업무를 나누어 생활하는가?'이면 C는 사회생활이고 D가 텃세이다.

213 A의 개체 수가 B의 개체 수보다 대체로 많고, A의 개체 수 증감에 따라 B의 개체 수가 증감하므로 A는 피식자인 눈신토끼, B는 포식자인 스라소니이다.
ㄴ. 스라소니(B)는 눈신토끼(A)를 잡아먹어 개체군의 크기가 계속 증가하는 것을 막음으로써 눈신토끼(A) 개체군의 크기를 조절한다.
바로알기 | ㄱ. 스라소니(B)가 눈신토끼(A)의 천적이다.
ㄷ. 눈신토끼(A)와 스라소니(B)는 서로 다른 종 사이의 먹고 먹히는 관계인 포식과 피식의 관계를 형성한다. 따라서 이들 사이에 경쟁배타원리는 적용되지 않는다.

214 모범 답안 A와 B는 먹고 먹히는 먹이사슬로 연결되어 있어 A의 개체 수가 증가하면 B의 개체 수도 증가하고, 그에 따라 A의 개체 수가 감소하면 B의 개체 수도 감소하므로 두 개체군의 개체 수는 주기적으로 변동한다.

해설 포식과 피식 관계에서 피식자(A)의 개체 수가 증가하면 먹이가 풍부해지므로 포식자(B)의 개체 수가 증가하고, 포식자(B)의 개체 수 증가에 따라 피식자(A)의 개체 수가 감소하면 먹이 부족으로 포식자(B)의 개체 수도 감소한다.

채점 기준	배점
포식과 피식 관계에 따른 두 개체군의 개체 수 증감을 언급하여 두 개체군의 개체 수가 주기적으로 변동함을 옳게 서술한 경우	100 %
피식자의 개체 수 증감에 따른 포식자의 개체 수 증감만을 옳게 서술한 경우	70 %

215 ㄱ. (가)와 (나)는 먹이의 종류와 서식지의 범위가 B에서 중복되므로, (가)와 (나)의 생태적 지위는 일부 중복된다.
ㄴ. 생태적 지위가 겹치는 B에서는 (가)와 (나) 사이에 종간경쟁이 일어나지만, (가)만 생존 가능한 A에서는 (나)는 살 수 없으므로 (가)와 (나) 사이에 종간경쟁이 일어나지 않는다.
바로알기 | ㄷ. (나)만 생존 가능한 C에서는 (가)와 (나) 사이에 종간경쟁이 일어나지 않지만, (나)를 구성하는 개체 간의 경쟁, 먹이와 서식 공간

부족, 노폐물 축적 등과 같은 환경저항이 작용한다. 생물이 자연에서 서식하면 생활하는 동안 환경저항은 항상 작용한다.

216 ㄴ. ㉡에서 서로 다른 종인 A와 B가 함께 서식하고 있으므로 A와 B는 한 군집을 이루고 있다.

바로알기 | ㄱ. A를 제거했을 때 B의 서식 범위가 변하지 않았으므로, ㉠은 B가 서식하기에 적합하지 않은 범위이다. 즉, ㉠은 A와 B의 생태적 지위가 중복되지 않는 범위이므로 종간경쟁이 일어나지 않는다.

ㄷ. B를 제거했을 때 A는 ㉢에서도 서식하지만, B를 제거하지 않았을 때에는 ㉢에서 서식하지 않는다. 따라서 ㉢에서 A의 개체군밀도는 B를 제거했을 때가 B를 제거하지 않았을 때보다 크다.

217 기생 관계에서 기생 생물은 이익을 얻고 숙주는 손해를 입으며, 종간경쟁을 하는 두 개체군은 모두 손해를 입는다. 포식과 피식 관계에서 포식자는 이익을 얻고 피식자는 손해를 입으며, 이들은 먹고 먹히는 관계에 의해 먹이사슬을 형성한다. 따라서 A는 포식과 피식, B는 종간경쟁, C는 기생이고, ㉠은 '이익을 얻는 개체군이 있다.', ㉡은 '손해를 입는 개체군이 있다.', ㉢은 '두 개체군이 먹이사슬을 형성한다.'이다.

ㄱ. 종간경쟁(B)은 특징 ㉡만 가지며 기생(C)은 특징 ㉠과 ㉡을 가지므로, ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.

바로알기 | ㄴ. ㉢은 기생, 종간경쟁, 포식과 피식 중 하나에만 해당되는 특징이므로, '두 개체군이 먹이사슬을 형성한다.'이다.

ㄷ. 겨우살이(기생 생물)가 숙주 식물(숙주)로부터 영양소와 물을 흡수하여 살아가는 것은 기생(C)의 예에 해당한다.

218 ㄱ. (가)는 비생물요소가 생물요소에 영향을 미친 예이고, (나)는 개체군 내 상호작용 중 순위제의 예이며, (다)는 군집 내 개체군 사이의 상호작용 중 종간경쟁의 예이다.

바로알기 | ㄴ. 경쟁배타원리는 군집 내 개체군 사이의 상호작용 중 종간경쟁에 적용되므로, (나)의 닭 개체 사이에는 적용되지 않는다.

ㄷ. (다)에서 애기짚신벌레(㉠)와 짚신벌레(㉡)의 상호작용은 종간경쟁이다.

219 ㄱ. 구간 Ⅰ에서 B가 있을 때에는 A의 개체 수가 증가하지만 B가 없을 때에는 A의 개체 수가 감소한다. 따라서 Ⅰ에서 $\frac{\text{A의 출생한 개체 수}}{\text{A의 사망한 개체 수}}$는 B가 있을 때가 B가 없을 때보다 크다.

ㄴ. 1986년에 B의 유무에 따른 A의 개체 수 차이가 적은 것은 C가 사라졌기 때문이다. 이를 통해 B는 C로부터 A를 보호해 준다는 것을 알 수 있다.

바로알기 | ㄷ. A는 B에게 꽁무니에서 나오는 단물을 제공하고 B는 A를 C로부터 보호하므로, C가 있을 때 A와 B 사이의 상호작용은 상리공생이다.

220 ㄱ, ㄴ. 상리공생 관계의 두 개체군은 모두 이익을 얻으며, 편리공생 관계의 한 개체군은 이익을 얻지만 다른 개체군은 이익도 손해도 없다. 따라서 ㉠은 편리공생, ㉡은 상리공생이며 ⓑ는 '이익'이다. 또한 기생 관계의 한 개체군은 이익을 얻지만 다른 개체군은 손해를 입으므로 ⓐ는 '손해'이다.

바로알기 | ㄷ. 기생 관계에서 손해를 입는 개체군 A는 숙주이고, 이익을 얻는 개체군 B는 기생 생물(기생자)이다.

221 ㄱ. (가)에서 개체 수의 최댓값이 A가 B보다 크므로 환경수용력도 A가 B보다 크다.

ㄴ. (나)에서 A는 개체 수의 최댓값이 감소했지만 살아남았고 B는 개체 수가 점차 감소하다가 사라졌다. 따라서 (나)에서 A와 B 사이에 경쟁배타가 일어났음을 알 수 있다.

바로알기 | ㄷ. 환경저항이 작용하지 않으면 개체 수는 계속 증가한다. 따라서 (나)의 구간 Ⅰ에서 A와 B에 모두 환경저항이 작용한다.

222 모범 답안 종간경쟁, (나)에서 A는 (가)에서보다 개체 수의 최댓값이 감소했지만 살아남았고 B는 개체 수가 점점 줄어들다가 사라졌기 때문이다.

채점 기준	배점
종간경쟁을 쓰고, 개체 수 변화를 포함하여 A는 살아남았지만 B는 사라졌다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
종간경쟁을 쓰고, A와 B의 개체 수 변화만을 서술한 경우	70 %
종간경쟁만 쓴 경우	30 %

223 (가)는 포식과 피식, (나)는 편리공생, (다)는 종간경쟁이다.

ㄱ. 포식과 피식(가)에서 이익을 얻는 종 1은 포식자이고, 손해를 입는 종 2는 피식자이다.

바로알기 | ㄴ. '촌충은 숙주의 소화관에 서식하며 영양분을 흡수한다.'는 기생의 예에 해당한다.

ㄷ. 종간경쟁(다)에서 ㉠은 '손해'이다.

224 (나)는 종간경쟁, (다)는 편리공생이다.

ㄴ. 종간경쟁(나)에서 A는 단독 배양했을 때보다 개체 수의 최댓값이 감소했지만 살아남았고 B는 개체 수가 감소하다가 사라졌다. 따라서 B는 A와의 경쟁에서 진 결과 도태되어 사라진 것임을 알 수 있다.

바로알기 | ㄱ. A와 B의 개체 수의 최댓값은 모두 혼합 배양했을 때가 단독 배양했을 때보다 감소하였다. 즉, 종간경쟁(나)에서 A도 B와의 상호작용을 통해 손해를 입었음을 알 수 있다.

ㄷ. 뿌리혹세균은 콩과식물에게 질소 화합물을 제공하고 콩과식물로부터 양분을 공급받으므로, 이들 사이의 상호작용은 상리공생이다.

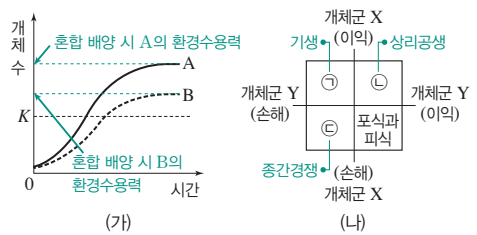
225 ㉠은 종간경쟁, ㉡은 상리공생이다.

ㄱ. (가)에서 A와 B의 개체 수 변화는 모두 환경저항의 영향으로 S자형 성장곡선을 나타낸다.

ㄴ. (나)에서 A와 B의 개체 수의 최댓값이 (가)에서보다 증가했으므로 A와 B 사이의 상호작용은 상리공생(㉡)이다.

ㄷ. (나)의 구간 Ⅰ에서는 먹이, 서식 공간 등 한정된 자원을 차지하기 위해 B의 개체 사이에 종내경쟁이 일어난다.

226



A와 B를 혼합 배양했을 때 A와 B의 개체 수의 최댓값은 단독 배양했을 때의 최댓값인 K보다 크다. 즉, A와 B 사이의 상호작용은 상리공생이다.

ㄴ. 단독 배양했을 때 A와 B의 환경수용력은 K이며, 혼합 배양했을 때 A와 B의 환경수용력은 K보다 크다. 따라서 A의 환경수용력은 A와 B를 혼합 배양했을 때가 A를 단독 배양했을 때보다 크다.

ㄷ. (나)의 ㉢은 두 개체군이 모두 손해를 보는 종간경쟁이므로 ㉢에서 X와 Y의 생태적 지위는 비슷하다.

바로알기 | ㄱ. A와 B 사이의 상호작용은 두 종 모두 이익을 얻는 상리공생(㉡)이다.

최고 수준 도전 기출 70쪽~71쪽

227 ③ 228 ③ 229 ② 230 ① 231 ① 232 ⑤ 233 ④

227 '종속영양생물이다.'는 사슴과 푸른곰팡이가 가지는 공통 특징이고, '다른 생물을 먹어서 유기물을 얻는다.'는 사슴만 가지는 특징이며, '생태계에서 비생물요소와 상호작용한다.'는 사슴, 장미, 푸른곰팡이가 가지는 공통 특징이다. 따라서 '종속영양생물이다.'는 ㉠, '다른 생물을 먹어서 유기물을 얻는다.'는 ㉢, '생태계에서 비생물요소와 상호작용한다.'는 ㉡이고, A는 푸른곰팡이, B는 사슴, C는 장미이다.

ㄱ. 분해자인 푸른곰팡이(A)는 생산자와 소비자의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해한다.

ㄴ. 사슴(B)은 호흡을 통해 대기 중으로 이산화 탄소(CO_2)를 방출한다.

바로알기 | ㄷ. 장미(C)의 광합성에 의해 대기 중 산소(O_2) 농도가 증가하는 것은 생물요소가 비생물요소에 영향을 미친 예에 해당한다.

228 ㄱ. 남세균은 공기 중의 질소(N_2)를 암모늄 이온(NH_4^+)으로 전환하는 질소고정 작용(ⓐ)에 관여하는 질소고정세균이다.

ㄴ. 생산자(Ⅱ)는 암모늄 이온(NH_4^+)이나 질산 이온(NO_3^-)을 흡수하여 단백질이나 핵산과 같은 질소 화합물을 합성한다.

바로알기 | ㄷ. ㉠은 총생산량, ㉡은 순생산량, ㉢은 성장량이다. 순생산량(㉡)에서 성장량(㉢)을 뺀 값은 피식량과 고사·낙엽량을 합한 값과 같으며, 생산자(Ⅱ)에서 소비자(Ⅰ)로 전달되는 유기물량에는 고사·낙엽량이 포함되지 않는다.

229 ㄴ. 환경저항은 개체 수에 비례하므로, ㉠에 작용하는 환경저항은 개체 수가 많은 t_2일 때가 개체 수가 적은 t_1일 때보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 출생률이 사망률보다 높을 때 개체 수가 증가하고 사망률이 출생률보다 높을 때 개체 수가 감소한다. (가)에서 ㉠은 개체 수가 증가하다가 점차 일정해지므로 A는 출생률, B는 사망률이다.

ㄷ. 이 지역의 면적은 일정하고 ㉠의 개체 수는 t_2일 때가 t_1일 때보다 많으므로, ㉠의 개체군밀도도 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다.

230 ㄱ. 기존의 식물군집이 있던 곳에 산불이 난 후 토양이 남아 있는 상태에서 천이가 진행되므로 이 지역에서 일어난 천이는 2차 천이이다. A는 산불 이후 형성되는 군집이므로 초원, B는 양수림, C는 음수림이다.

바로알기 | ㄴ. 군집의 하층에 도달하는 빛의 양은 숲이 우거질수록 감소하므로, 양수림(B)에서가 음수림(C)에서보다 많다.

ㄷ. (나)에서 ㉠은 호흡량, ㉡은 총생산량이다. 식물군집의 순생산량은 총생산량(㉡)에서 호흡량(㉠)을 뺀 값으로, t_1일 때가 t_2일 때보다 많다.

231

지역	종	개체 수	상대밀도 ㉠(%)	상대빈도 ㉡(%)	상대피도 ㉢(%)
Ⅰ	A	25	50	45	60
	B	? 12	? 24	35	? 15
	C	13	26	? 20	25
Ⅱ	A	50	? 50	29	28
	B	30	? 30	35	27
	C	20	20	? 36	? 45
Ⅲ	A	ⓐ 50	? 50	45	50
	B	ⓑ 24	? 24	? 25	? 25
	C	ⓒ 26	? 26	30	25

❶ Ⅰ~Ⅲ 각각에서 상대밀도의 합, 상대빈도의 합, 상대피도의 합은 100 %이다.

❷ Ⅰ의 면적을 S, Ⅲ의 면적을 2S라고 하면 개체군밀도 $=\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{전체 서식지의 면적}(m^2)}$이고 Ⅰ과 Ⅲ에서 A의 개체군밀도가 같으므로 $\frac{25}{S}=\frac{ⓐ}{2S}$, ⓐ는 50이다. 같은 방법으로 ⓑ와 ⓒ를 구하면 ⓑ는 24, ⓒ는 26이다.

❸ Ⅲ에서 지표를 덮고 있는 면적이 A가 B의 2배이므로 상대피도도 A가 B의 2배이다. 따라서 ㉢이 상대피도이다. 또한 Ⅲ에서 A~C의 개체 수 합이 100이므로, 각각의 상대밀도(%)는 개체 수와 같다. 따라서 ㉠이 상대밀도이고, ㉡이 상대빈도이다.

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=50+24+26=100이다.

ㄴ. Ⅰ에서 B의 중요치는 24+35+15=74이고, C의 중요치는 26+20+25=71이다. 따라서 Ⅰ에서 중요치는 B가 C보다 크다.

바로알기 | ㄷ. 출현한 방형구 수는 상대빈도에 비례하므로 Ⅱ에서 출현한 방형구 수는 C가 A보다 많다.

ㄹ. Ⅲ에서 A~C의 총개체 수는 100이므로 A~C 각각에서 개체 수와 상대밀도는 같다. 따라서 상대밀도(%)는 A가 50, B가 24이다.

232

구분	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	총합
개체 수	22	25	27	26	100
피도	0.04	0.20	ⓐ 0.6	0.16	1
빈도	0.7	0.3	0.6	0.4	2
상대밀도(%)	22	25	27	26	100
상대피도(%)	4	20	60	16	100
상대빈도(%)	35	15	30	20	100
중요치	61	60	117	62	300

❶ Ⅰ~Ⅳ의 개체 수 합이 100이므로, Ⅰ~Ⅳ 각각의 상대밀도는 개체 수와 같다.

❷ Ⅱ의 상대피도 값은 Ⅳ의 상대빈도 값과 같으므로 $\frac{\text{Ⅱ의 피도}}{\text{Ⅰ~Ⅳ의 피도 합}}\times100=\frac{0.20}{0.4+ⓐ}\times100=\frac{0.4}{2}\times100$이다. 이를 구하면 ⓐ는 0.6이다.

ㄱ. A는 양수림, B는 음수림이다. 이때 활엽수(음수)에 속하는 Ⅰ과 Ⅱ의 중요치보다 침엽수(양수)에 속하는 Ⅲ과 Ⅳ의 중요치가 더 크므로, ㉠은 침엽수(양수)가 우점하는 양수림(A)이다.

ㄴ. Ⅲ의 피도(ⓐ)는 0.6이다.

ㄷ. 이 식물군집은 음수림(B)에서 천이의 마지막 안정된 상태인 극상을 이룬다.

233 ㄱ. Ⅰ 시기에 같은 종류의 먹이를 먹는 A와 B가 각기 다른 영역 (가)와 (나)에 나누어 서식하는 것은 경쟁을 피하기 위한 것으로, 생태적 지위가 비슷한 A와 B 사이의 상호작용은 분서에 해당한다.

ㄷ. Ⅲ 시기에 B가 (나)에서 (가)로 이주한 결과 (가)에서 A와 B는 함께 서식하므로 한 군집을 이룬다.

ㄹ. Ⅳ 시기에 (가)에서 A와 B가 경쟁을 하였고 그 결과 A가 사라졌으므로 A와 B 사이에 경쟁배타가 일어났다.

바로알기 | ㄴ. Ⅱ 시기에 (나)에서 C가 B를 포식하였으므로 B와 C 사이의 상호작용은 포식과 피식이다. 이때 포식자인 C는 이익을 얻고 피식자인 B는 손해를 입는다.

10 뉴런과 막전위 변화

빈출 자료 보기 73쪽

234 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ×

234 (2) 구간 Ⅱ에서 Na^+통로가 열려 Na^+이 세포 안으로 들어오면서 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나고 있다.
(3) 구간 Ⅱ에서 Na^+통로를 통해 Na^+이 세포 안으로 확산하면서 막전위가 상승한다.
(6) 막전위 구간에 상관없이 Na^+ 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높다.
바로알기 | (1) 구간 Ⅰ에서 Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+이 세포 밖으로, K^+이 세포 안으로 이동한다.
(4) 구간 Ⅲ에서 K^+통로를 통해 K^+이 세포 안에서 밖으로 확산하면서 막전위가 하강한다.
(5) 구간 Ⅲ에서 대부분의 K^+통로가 열려 있다.
(7) 구간 Ⅳ는 분극 상태로, Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+이 세포 밖으로 이동한다.

난이도별 필수 기출 74쪽~79쪽

235 ⑤ **236** ③ **237** 해설 참조 **238** ① **239** ③
240 ⑤ **241** ② **242** ④ **243** ④ **244** ⑤ **245** ②
246 (가) Na^+통로 (나) K^+통로 (다) Na^+-K^+펌프
247 해설 참조 **248** ② **249** ① **250** ② **251** ③
252 ③ **253** ② **254** ④ **255** ③ **256** ⑤
257 A: Na^+, B: K^+ **258** 해설 참조 **259** 해설 참조
260 ④ **261** ⑤ **262** ①

235 ① 뉴런은 신경계를 구성하는 기본 단위로, 신호를 받아들이고 다른 뉴런이나 세포로 전달한다.
②, ③ 가지돌기는 다른 뉴런이나 세포에서 오는 신호를 받아들이고, 축삭돌기는 다른 뉴런이나 세포로 신호를 전달한다.
④ 말이집은 슈반세포가 축삭돌기를 여러 겹 싸고 있는 구조로, 절연체 역할을 한다.
⑥ 신경세포체에는 핵과 여러 세포소기관이 있으며, 뉴런의 생명활동에 필요한 물질과 에너지를 생산한다.
바로알기 | ⑤ 말이집신경의 축삭돌기에서는 말이집이 절연체 역할을 한다. 랑비에결절은 말이집으로 싸여 있지 않은, 말이집과 말이집 사이의 부위이다.

236 A는 신경세포체, B는 가지돌기, C는 축삭돌기이다.
ㄱ. 신경세포체(A)에는 핵과 세포소기관이 있어 물질대사가 일어난다.
ㄴ. 가지돌기(B)는 다른 뉴런으로부터 신호를 받아들인다.
바로알기 | ㄷ. 도약전도는 말이집신경에서 일어난다. 이 뉴런은 말이집이 없는 민말이집신경이므로 축삭돌기(C)에서 도약전도가 일어나지 않는다.

237 모범 답안 A는 말이집이고, B는 랑비에결절이다. 말이집(A)에서는 막을 통한 이온의 이동이 일어나지 않아 활동전위가 발생하지 않지만, 랑비에결절(B)에서는 막을 통한 이온의 이동이 일어나 활동전위가 발생한다.

채점 기준	배점
A와 B를 쓰고, A와 B의 특징을 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B만 쓴 경우	30 %

238 A는 가지돌기, B는 신경세포체, C는 말이집, D는 축삭돌기이다.
ㄴ. 신경세포체(B)에는 핵과 세포소기관이 있어 물질대사인 이화작용이 일어난다.
바로알기 | ㄱ. 시냅스소포는 축삭돌기(D) 말단에 있다.
ㄷ. 말이집(C)은 슈반세포의 세포막이 길게 늘어나 축삭돌기(D)를 여러 겹 싸고 있는 구조이다.

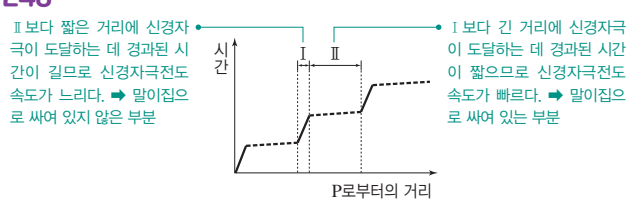
239 A는 말이집신경, B는 민말이집신경이다.
ㄱ. 말이집신경(A)에는 축삭돌기가 말이집으로 싸여 있지 않은 랑비에결절이 있다.
ㄴ. 말이집신경(A)에서는 도약전도가 일어나므로 신경자극전도 속도는 말이집신경(A)에서가 민말이집신경(B)에서보다 빠르다.
바로알기 | ㄷ. 절연체 역할을 하는 말이집을 통해서는 세포 안팎으로의 이온 이동이 일어나지 않는다. 따라서 세포 안팎으로의 이온 이동은 지점 ㉡에서가 ㉠에서보다 활발하게 일어난다.

240 ㄴ. (가)는 원심성뉴런, (나)는 구심성뉴런이다.
ㄷ. 말이집(㉠)이 손상된 경우 도약전도가 제대로 일어나지 못하여 신경자극전도 속도가 느려진다.
바로알기 | ㄱ. 뇌와 척수에서 발견되는 것은 연합뉴런이다. 원심성뉴런(가)은 골격근과 같은 반응기관에 연결되어 있다.

241 A는 중추신경계에서 나온 신호를 반응기관으로 전달하는 원심성뉴런, B는 중추신경계를 구성하며 구심성뉴런에서 온 정보를 통합하여 원심성뉴런으로 반응 명령을 내리는 연합뉴런, C는 감각기관에서 생성된 신호를 중추신경계로 전달하는 구심성뉴런이다.
ㄴ. 연합뉴런(B)은 뇌와 척수 같은 중추신경계를 구성한다.
바로알기 | ㄱ. 신호는 구심성뉴런(C) → 연합뉴런(B) → 원심성뉴런(A)으로 이동한다.
ㄷ. 구심성뉴런(C)의 신경세포체는 축삭돌기의 한쪽 옆에 붙어 있다.

242 말이집신경에서는 도약전도가 일어나므로 신경자극전도 속도는 말이집신경에서가 민말이집신경에서보다 빠르고, 축삭돌기의 지름이 클수록 신경자극전도 속도가 빠르다.
ㄱ. 축삭돌기 지름이 같은 A와 C에서 신경자극전도 속도는 C에서가 A에서보다 빠르므로 A는 민말이집신경이고 C는 말이집신경이다. 따라서 ㉠은 '있음'이다.
ㄷ. 말이집신경(B)에서 도약전도가 일어난다.
바로알기 | ㄴ. 말이집이 있는 B와 C에서 축삭돌기 지름이 B에서가 C에서보다 크므로 신경자극전도 속도는 B에서가 C에서보다 빠르다. 따라서 ⓐ>5이다.

243



ㄴ. Ⅱ는 말이집으로 싸여 있는 부분이므로 슈반세포가 있다.

ㄷ. 신경자극전도 속도는 말이집으로 싸여 있지 않은 부분(Ⅰ)에서가 말이집으로 싸여 있는 부분(Ⅱ)에서보다 느리다.

바로알기 | ㄱ. Ⅰ은 말이집으로 싸여 있지 않은 부분, Ⅱ는 말이집으로 싸여 있는 부분이다.

244 ⑤ 뉴런이 자극을 받지 않은 휴지 상태일 때 상대적으로 세포 안이 음(−)전하를, 세포 밖이 양(+)전하를 띠는 것을 분극이라고 한다.

바로알기 | ① 분극 상태일 때의 막전위를 휴지전위라고 한다.

② 분극 상태에서 Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+은 세포 밖으로 이동하고, K^+은 세포 안으로 이동한다.

③ 분극 상태일 때 Na^+은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포하고, K^+은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포한다.

④ Na^+-K^+펌프는 Na^+이 세포 안보다 밖에 더 많이 분포하는 데 관여한다.

245 (가)는 K^+통로, (나)는 Na^+-K^+펌프, (다)는 Na^+통로이다. K^+은 K^+통로(가)를 통해 세포 안에서 밖으로 확산되고, Na^+은 Na^+통로(다)를 통해 세포 밖에서 안으로 확산되므로 ㉠은 세포 밖, ㉡은 세포 안이다. Na^+-K^+펌프(나)를 통해 Na^+은 세포 밖으로 이동하고, K^+은 세포 안으로 이동하므로 ⓐ는 Na^+, ⓑ는 K^+이다.

ㄷ. Na^+-K^+펌프(나)를 통한 Na^+(ⓐ)과 K^+(ⓑ)의 이동에는 ATP가 소모된다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 세포 밖이다.

ㄴ. 재분극이 일어나는 동안 K^+통로(가)를 통해 K^+(ⓑ)이 세포 밖으로 이동한다.

246 분극 상태일 때 K^+은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포하고, Na^+은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포하므로 ㉠은 Na^+, ㉡은 K^+이다. (가)는 통로가 닫혀 있어 Na^+(㉠)이 확산하지 못하므로 Na^+통로이며, (나)는 일부 열려 있는 통로가 있어 K^+(㉡)이 확산하므로 K^+통로이다. (다)는 Na^+(㉠)은 세포 밖으로, K^+(㉡)은 세포 안으로 이동시키므로 Na^+-K^+펌프이다.

247 **모범 답안** Na^+-K^+펌프(다)가 ATP를 소모하여 Na^+을 세포 밖으로 이동시키고 K^+을 세포 안으로 이동시키며, 일부 열려 있는 K^+통로(나)를 통해 K^+은 세포 밖으로 확산하지만, Na^+통로(가)는 대부분 닫혀 있어 Na^+은 세포 안으로 확산하지 못하기 때문이다.

해설 뉴런이 휴지 상태일 때 K^+은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포하고, Na^+은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포한다. 이와 같은 이온의 불균등한 분포에 Na^+-K^+펌프가 관여한다. Na^+-K^+펌프는 ATP를 소모하여 Na^+을 세포 밖으로 이동시키고 K^+을 세포 안으로 이동시킨다. 세포 안의 K^+은 일부 열려 있는 K^+통로를 통해 세포 밖으로 확산하지만, 세포 밖의 Na^+은 열려 있는 Na^+통로가 거의 없어 세포 안으로 확산하기 어렵다. 그 결과 세포막 안쪽은 상대적으로 음(−)전하를 띠고, 세포막 바깥쪽은 양(+)전하를 띤다.

채점 기준	배점
Na^+통로(가), K^+통로(나), Na^+-K^+펌프(다), K^+ 이동, Na^+ 이동을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
Na^+통로(가), K^+통로(나), Na^+-K^+펌프(다), K^+ 이동, Na^+ 이동 중 일부만 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %

248 ① 자극 P를 준 후 활동전위가 발생했으므로 P는 역치 이상의 자극이다.

③ 휴지전위는 분극 상태일 때의 막전위로 −70 mV이다.

④ 구간 (가)는 분극 상태이며, 분극 상태에서는 Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+은 세포 밖으로 이동하고, K^+은 세포 안으로 이동한다.

⑤ 구간 (나)에서 Na^+이 Na^+통로를 통해 세포 안으로 들어오면서 탈분극이 일어난다.

⑥ 구간 (다)에서 대부분의 K^+통로가 열려 K^+이 K^+통로를 통해 세포 밖으로 나가면서 재분극이 일어난다.

바로알기 | ② ㉠은 활동전위가 발생하기 위해 도달해야 하는 최소한의 막전위인 역치전위이다.

249 구간 Ⅰ은 분극 상태, 구간 Ⅱ는 탈분극 상태, 구간 Ⅲ은 재분극 상태이다.

ㄱ. 구간 Ⅰ에서 Na^+-K^+펌프가 ATP를 소모하면서 Na^+과 K^+을 이동시켜 세포 안팎의 Na^+ 농도와 K^+ 농도가 유지된다.

바로알기 | ㄴ. 구간 Ⅱ에서 Na^+이 Na^+통로를 통해 세포 안으로 확산되면서 탈분극이 일어난다.

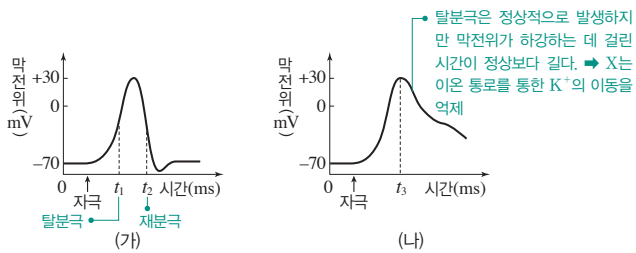
ㄷ. 구간 Ⅲ에서 대부분의 K^+통로가 열려 K^+이 세포 밖으로 확산하면서 재분극이 일어난다.

250 ㄷ. 역치 이상의 자극인 B와 C에서, B에서 C로 자극의 세기가 커질수록 활동전위의 발생 빈도가 증가한다. 이를 통해 자극의 세기에 따라 활동전위가 발생하는 빈도가 달라짐을 알 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 구심성뉴런은 피부와 같은 감각기관에서 생성된 신호를 중추신경계로 전달하므로 X는 구심성뉴런이다.

ㄴ. 활동전위에서 막전위의 크기 h는 자극의 세기에 관계없이 일정하다.

251



ㄱ. X를 처리하면 상승한 막전위가 하강하는 데 걸린 시간이 정상보다 길어 재분극 기간이 길다. 따라서 X는 K^+통로를 통한 K^+의 이동을 억제한다.

ㄷ. 막전위 구간에 상관없이 Na^+의 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높으므로 t_3일 때 Na^+의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높다.

바로알기 | ㄴ. t_1일 때 Na^+이 Na^+통로를 통해 세포 안으로 이동하고, t_2일 때 대부분의 K^+통로가 열려 K^+이 K^+통로를 통해 세포 밖으로 이동하므로, K^+통로를 통한 K^+의 이동은 t_2일 때가 t_1일 때보다 활발하다.

252 구간 Ⅰ은 분극 상태, 구간 Ⅱ는 탈분극 상태, 구간 Ⅲ은 재분극 상태이다. 뉴런이 자극을 받기 전 분극 상태(구간 Ⅰ)일 때 Na^+의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높고, K^+의 농도는 세포 안에서가 밖에서보다 높으므로 ㉠은 K^+, ㉡은 Na^+이다.

ㄱ. 구간 Ⅰ에서 K^+(㉠)은 Na^+-K^+펌프를 통해 세포 밖에서 안으로 이동한다.

ㄴ. 구간 Ⅲ에서 Na^+(㉡)의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높다.

바로알기 | ㄷ. 단위 면적당 열린 Na^+(㉡)통로의 수는 탈분극이 일어나는 구간 Ⅱ에서가 재분극이 일어나는 구간 Ⅲ에서보다 많다.

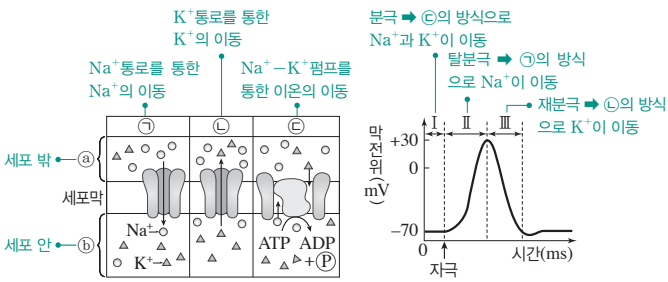
253 t_1은 분극 상태, t_2는 탈분극 상태, t_3은 재분극 상태이다. ㉠은 세포 밖에서가 안에서보다 비율이 높으므로 Na^+이고, ㉡은 세포 안에서가 밖에서보다 비율이 높으므로 K^+이다.

ㄷ. t_3일 때 대부분의 K^+(㉡)통로가 열려 K^+(㉡)은 K^+(㉡)통로를 통해 세포 안에서 밖으로 확산한다.

바로알기 | ㄱ. t_1일 때 일부 열려 있는 K^+(㉡)통로와 Na^+-K^+펌프를 통해 이온이 이동한다.

ㄴ. t_2일 때 Na^+(㉠)은 Na^+(㉠)통로를 통해 세포 밖에서 안으로 확산한다.

254

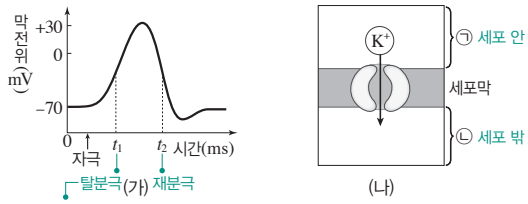


ㄱ. 구간 Ⅰ은 분극 상태로, 구간 Ⅰ에서 Na^+-K^+펌프를 통한 이온의 이동(㉢) 방식으로 Na^+과 K^+이 이동한다.

ㄷ. 구간 Ⅲ에서 대부분의 K^+통로가 열리면서 K^+이 세포 안에서 밖으로 확산하여 막전위가 급격히 하강하는 재분극이 일어난다.

바로알기 | ㄴ. 구간 Ⅱ에서는 Na^+통로를 통해 Na^+이 세포 밖(ⓐ)에서 안(ⓑ)으로 확산하여 세포 안팎에서의 Na^+의 농도 차가 줄어들지만 세포 안(ⓑ)에서가 밖(ⓐ)에서보다 높아지지는 않는다. Na^+의 농도는 항상 세포 밖(ⓐ)에서가 안(ⓑ)에서보다 높다.

255



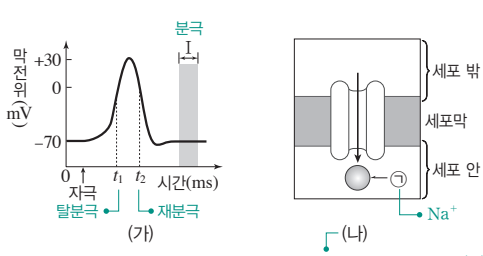
t_1일 때 Na^+은 세포 밖(㉡)에서 안(㉠)으로 이동한다.

ㄱ. 뉴런에서 K^+은 K^+통로를 통해 세포 안에서 밖으로 이동한다. 따라서 ㉠은 세포 안, ㉡은 세포 밖이다.

ㄴ. t_1은 막전위가 상승하는 시점이므로 탈분극 상태이다. t_1일 때 Na^+통로를 통해 Na^+은 세포 밖(㉡)에서 안(㉠)으로 이동한다.

바로알기 | ㄷ. t_2는 막전위가 하강하는 시점이므로 재분극 상태이다. t_2일 때 K^+의 농도는 세포 안에서가 밖에서보다 높고, Na^+의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높으므로, t_2일 때 $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$는 K^+이 Na^+보다 크다.

256



탈분극 시 이온의 이동에 해당하므로 t_1일 때 (나)가 일어난다.

ㄱ. ㉠이 이온 통로를 통해 세포 밖에서 안으로 이동하므로 ㉠은 Na^+이다. 탈분극 시 Na^+(㉠)이 Na^+(㉠)통로를 통해 세포 밖에서 안으로 이동하므로 탈분극 상태인 t_1일 때 (나)가 일어난다.

ㄴ. Na^+의 막 투과도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크고, K^+의 막 투과도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 크다. 따라서 $\frac{Na^+\text{의 막 투과도}}{K^+\text{의 막 투과도}}$는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

ㄷ. (가)의 구간 Ⅰ에서 Na^+-K^+펌프가 ATP를 소모하면서 Na^+(㉠)을 세포 안에서 밖으로 이동시킨다.

257

뉴런에 자극을 준 후 A의 막 투과도가 B의 막 투과도보다 먼저 상승하므로 A는 Na^+, B는 K^+이다.

258

모범 답안 Na^+(A)통로가 열려 Na^+(A)의 막 투과도가 높아진다.

해설 뉴런에 자극이 주어지면 Na^+통로가 열려 Na^+의 막 투과도가 증가하여 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다.

채점 기준	배점
A의 막 투과도 변화를 이온 통로를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
A의 막 투과도 변화만 옳게 서술한 경우	30 %

259

모범 답안 Na^+(A)통로가 닫혀 Na^+(A)의 막 투과도가 낮아지고, 대부분의 K^+(B)통로가 열려 K^+(B)의 막 투과도는 높아진다.

해설 뉴런에 막전위가 최고점에 도달한 후에는 Na^+통로가 닫혀 Na^+의 막 투과도가 급속히 감소하고, 대부분의 K^+통로가 열려 K^+의 막 투과도는 계속 증가하여 K^+의 유출이 증가하면서 막전위가 급격하게 떨어지는 재분극이 일어난다.

채점 기준	배점
A와 B의 막 투과도 변화를 이온 통로를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 막 투과도 변화만 옳게 서술한 경우	30 %

260

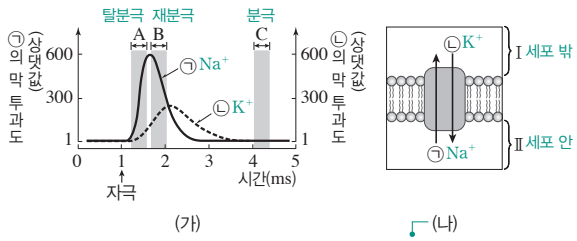
뉴런에 자극이 주어지면 Na^+통로가 열려 Na^+의 막 투과도가 증가하여 Na^+의 유입으로 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 막전위가 최고점에 도달한 후에는 Na^+통로가 닫혀 Na^+의 막 투과도는 감소하고, 대부분의 K^+통로가 열려 K^+의 막 투과도가 증가하여 K^+의 유출로 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다. 따라서 ㉠은 Na^+, ㉡은 K^+이다.

ㄴ. t_1일 때 Na^+(㉠)의 막 투과도가 최고점에 도달하였으므로 탈분극이 일어나고 있다.

ㄷ. Na^+(㉠)의 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높고, K^+(㉡)의 농도는 항상 세포 안에서가 밖에서보다 높으므로, t_2일 때 $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$는 K^+(㉡)이 Na^+(㉠)보다 크다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 Na^+, ㉡은 K^+이다.

261



Na^+-K^+펌프(ⓐ)를 통한 이온의 이동

① ⓐ를 통해 Na^+(㉠)과 K^+(㉡)이 모두 이동하므로 ⓐ는 Na^+-K^+펌프이다. Na^+-K^+펌프(ⓐ)를 통해 Na^+(㉠)은 세포 안에서 밖으로 이동하고, K^+(㉡)은 세포 밖에서 안으로 이동하므로 Ⅰ은 세포 밖, Ⅱ는 세포 안이다.

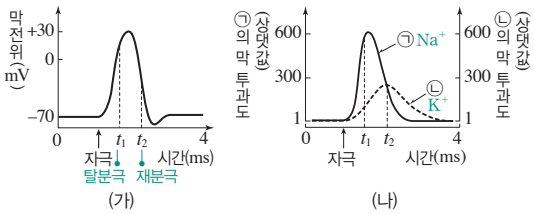
② Na^+(㉠)의 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높으므로, 구간 A에서 Na^+(㉠)의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높다.

③ 구간 B에서 K^+(㉡)의 막 투과도가 증가하므로 대부분의 K^+(㉡)통로가 열려 K^+(㉡)이 K^+(㉡)통로를 통해 세포 안에서 밖으로 확산하여 재분극이 일어난다.

④ Na^+-K^+펌프(ⓐ)를 통한 K^+(㉡)의 이동에는 ATP가 소모된다.

바로알기 | ⑤ 구간 C는 분극 상태이다. 분극 상태일 때 세포막 안쪽은 음(−)전하, 바깥쪽은 양(+)전하를 띤다.

262



ㄴ. (나)에서 t_2일 때 K^+(㉡)의 막 투과도가 증가한 상태이므로 이온 통로를 통한 K^+(㉡)의 이동이 일어난다.

바로알기 | ㄱ. Na^+(㉠)의 막 투과도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크고, K^+(㉡)의 막 투과도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다. 따라서 $\frac{K^+의\ 막\ 투과도}{Na^+의\ 막\ 투과도}$는 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

ㄷ. X에 이온 통로를 통한 Na^+(㉠)의 이동을 억제하는 물질을 처리하고 역치 이상의 자극을 주면 탈분극은 일어나지만, 막전위가 역치전위를 넘지 못해 활동전위가 발생하지 않는다.

11 신경자극전도와 시냅스전달

빈출 자료 보기 81쪽

263 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

263

(2) d_1과 d_4 사이의 거리는 4 cm이므로 d_1에서 d_4까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 4 ms이다. 따라서 5.5 ms(t_1)일 때 d_4는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 1.5(=5.5−4) ms이며, 이때 탈분극이 일어나고 있다.

(3) d_1과 d_2 사이의 거리는 1.5 cm이므로 d_1에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1.5 ms이다. 따라서 5.5 ms(t_1)일 때 d_2는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 4(=5.5−1.5) ms이므로, d_2에서의 막전위는 −70 mV이다.

(4) 5.5 ms(t_1)일 때 d_1은 분극 상태이므로 Na^+-K^+펌프를 통해 K^+이 세포 안으로 이동한다.

바로알기 | (1) A의 신경자극전도 속도가 1 cm/ms이고, d_1과 d_3 사이의 거리는 2.5 cm이므로 d_1에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2.5 ms이다. ㉠이 t_1일 때 d_3에서의 막전위가 −80 mV이므로 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 3 ms이다. 따라서 t_1은 5.5(=2.5+3) ms이다.

(5) d_1에서 d_4까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 4 ms이다. ㉠이 5 ms일 때 d_4는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 1(=5−4) ms이다. 따라서 d_4에서의 막전위는 −60 mV이다.

(6) d_1에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2.5 ms이다. ㉠이 6.5 ms일 때 d_3은 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 4(=6.5−2.5) ms이다. 따라서 d_3에서의 막전위는 −70 mV이다. d_1에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1.5 ms이다. ㉠이 6.5 ms일 때 d_2는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 5(=6.5−1.5) ms이다. 따라서 d_2에서의 막전위는 −70 mV이다. ㉠이 6.5 ms일 때 $\frac{d_3에서의\ 막전위}{d_2에서의\ 막전위}=\frac{-70\ mV}{-70\ mV}=1$이다.

난이도별 필수 기출 82쪽~87쪽

264 ㄱ, ㄴ	265 ㄱ, ㄷ	266 ㄷ	267 ㄱ, ㄴ	268 ①	269 ④
270 ②	271 해설 참조		272 ㄷ	273 ⑤	274 ⑥
275 ⑤	276 해설 참조		277 ②	278 ③	279 ④
280 ③	281 ①	282 ③	283 ①	284 ②	285 ⑤

264

(가)는 K^+통로를 통해 K^+이 세포 안에서 밖으로 이동하고 있으므로 재분극 상태, (나)는 Na^+통로를 통해 Na^+이 세포 밖에서 안으로 이동하고 있으므로 탈분극 상태, (다)는 분극 상태이다.

ㄱ. 활동전위의 발생 과정은 탈분극 → 재분극 순이며, 분극 상태인 (다)는 신경자극이 전도되기 전이다. 따라서 자극을 준 지점은 (가)와 가장 가까운 지점인 A이다.

ㄴ. (가)에서 K^+통로를 통해 K^+이 세포 안에서 밖으로 이동하고 있으므로 재분극이 일어나고 있다.

바로알기 | ㄷ. (다)는 분극 상태이므로 (다)에서 Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+이 세포 안에서 밖으로 이동한다.

265

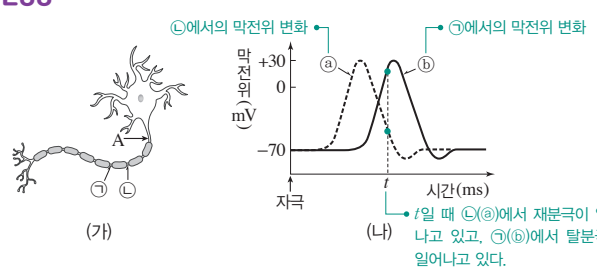
활동전위의 발생 과정은 탈분극 → 재분극 → 과분극 순이며, 자극을 주고 경과된 시간이 $t_1<t_2<t_3<t_4$이므로, 막전위가 +30 mV인 t_1은 탈분극 상태, 막전위가 −50 mV인 t_2는 재분극 상태, 막전위가 −80 mV인 t_3은 과분극 상태, 막전위가 −70 mV인 t_4는 분극 상태이다.

ㄱ. t_1일 때는 탈분극 상태이며, 막전위 변화와 상관없이 K^+의 농도는 항상 세포 안에서가 밖에서보다 높다.

ㄷ. t_4는 신경자극이 전도된 이후로 분극 상태이다. t_4일 때 Na^+-K^+펌프를 통해 Na^+이 세포 안에서 밖으로 이동한다.

바로알기 | ㄴ. 막전위가 +30 mV인 t_1은 탈분극 상태이며, t_2는 t_1보다 시간이 더 지난 시점이므로 막전위가 −50 mV인 t_2는 재분극 상태이다.

266



A에 역치 이상의 자극을 1회 주었을 때 자극을 준 지점 A와 가까운 지점인 ㉡에서 활동전위가 먼저 나타난다. 따라서 ⓐ는 ㉡에서의 막전위 변화이고, ⓑ는 ㉠에서의 막전위 변화이다.

ㄷ. Na^+의 막 투과도는 탈분극일 때가 재분극일 때보다 높다. t일 때 ㉠

(ⓑ)에서는 탈분극이 일어나고 있고, ㉡(ⓐ)에서는 재분극이 일어나고 있으므로 Na^+의 막 투과도는 ㉠(ⓑ)에서가 ㉡(ⓐ)에서보다 높다.

바로알기 | ㄱ. ⓐ는 ㉡에서의 막전위 변화, ⓑ는 ㉠에서의 막전위 변화이다.

ㄴ. t일 때 ㉡(ⓐ)에서는 막전위가 하강하는 시점이므로 재분극이 일어나고 있고, ㉠(ⓑ)에서는 막전위가 상승하는 시점이므로 탈분극이 일어나고 있다.

267

ㄱ. ㉮가 3 ms일 때 역치 이상의 자극을 준 지점인 ㉡에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이므로 ㉡에서의 막전위는 −80 mV이다. 따라서 ⓑ는 −80이고, ⓐ는 −60이다.

ㄴ. ㉮가 3 ms일 때 역치 이상의 자극을 준 지점인 ㉡에서 거리가 더 가까운 ㉢에서의 막전위가 +30 mV이므로, 막전위가 −60 mV인 ㉠에서는 탈분극이 일어나고 있다. 탈분극이 일어날 때 Na^+통로를 통해 Na^+이 이동한다.

바로알기 | ㄷ. ㉮가 3 ms일 때 ㉢에서의 막전위가 +30 mV이므로, ㉡에서 ㉢까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1(=3−2) ms이다. ㉮가 5 ms일 때 ㉢은 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 4(=5−1) ms이다. 따라서 ㉢에서의 막전위는 −70 mV이므로 ㉢은 분극 상태이다.

268

ⓐ가 3 ms일 때 ㉠은 신경자극이 전도되기 전 분극 상태, ㉡은 재분극 상태, ㉢은 탈분극 상태이다.

ㄱ. ⓐ가 3 ms일 때 역치 이상의 자극을 준 지점은 막전위 변화가 가장 많이 진행되었으므로 ㉡이 자극을 준 지점이다.

바로알기 | ㄴ. ⓐ가 3 ms일 때 ㉢은 탈분극 상태이며, 막전위 구간과 상관없이 Na^+의 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높다.

ㄷ. 신경자극이 ㉠과 ㉡ 사이를 전도되는 데 1 ms가 걸린다면 ⓐ가 3 ms일 때 ㉠에서의 막전위는 +30 mV가 되어야 한다. ⓐ가 3 ms일 때 ㉠에서의 막전위가 −70 mV이므로 신경자극이 ㉠과 ㉡ 사이를 전도되는 데 걸리는 시간은 최소 3 ms이다.

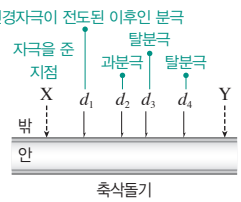
269

ㄱ. P에서 d_2까지의 거리는 6 cm이고, ㉠이 6 ms일 때 d_2에서의 막전위가 −80 mV이므로 P에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 3(=6−3) ms이다. 따라서 A에서 신경자극전도 속도는 $\frac{6\text{ cm}}{3\text{ ms}}$=2 cm/ms이다.

ㄷ. P에서 d_3까지의 거리는 8 cm이고, 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이므로 P에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 4 ms이다. ㉠이 7 ms일 때 d_3은 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 3(=7−4) ms이므로 d_3에서의 막전위는 −80 mV이다.

바로알기 | ㄴ. P에서 d_1까지의 거리는 3 cm이고, 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이므로 P에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1.5 ms이다. ㉠이 6 ms일 때 d_1은 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 4.5(=6−1.5) ms이다. 따라서 d_1에서의 막전위는 −70 mV이므로 d_1은 분극 상태이다.

270



지점	막전위(mV)
d_1	㉠ −70
d_2	−80
d_3	+30
d_4	㉡ −60

ㄴ. 자극을 준 지점이 X이며, d_2에서는 과분극이 일어나고 있는데, d_2보다 자극을 준 지점(X)과 가까운 d_1은 과분극이 지난 후이어야 하므로 신경자극이 전도된 이후인 분극 상태이다. 따라서 d_1에서 막전위인 ㉠은 −70이고, ㉡은 −60이다.

바로알기 | ㄱ. 활동전위의 발생 과정은 탈분극 → 재분극 → 과분극 순이며, d_2에서의 막전위가 −80 mV이고, d_3에서의 막전위가 +30 mV이므로 d_2에서는 과분극이 일어나고 있으며, d_3에서는 탈분극이 일어나고 있다. 따라서 d_3보다 d_2에 신경자극이 먼저 전도되었으므로 자극을 준 지점은 X이다.

ㄷ. d_4보다 자극을 준 지점(X)과 가까운 d_3에서의 막전위가 +30 mV이고 d_4에서의 막전위가 −60(㉡) mV이므로 d_4에서 탈분극이 일어나고 있다.

271

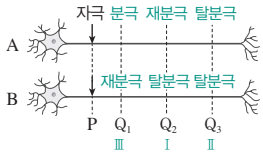
모범 답안 • t_1일 때 d_1에서의 막전위가 −80 mV이고, d_2에서의 막전위가 −60 mV인데 d_2에서 탈분극이 일어나고 있으므로 d_1에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. 따라서 A의 신경자극 전도 속도는 $\frac{2\text{ cm}}{2\text{ ms}}$=1 cm/ms이다.

• P에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간이 2 ms이고, d_1에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이므로 t_1은 5 ms이다.

해설 d_1과 d_2 사이의 거리가 2 cm이며, d_1에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. t_1은 P에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간과 d_1에서 막전위 변화가 진행된 시간을 더한 값이다.

채점 기준	배점
A의 신경자극전도 속도와 t_1을 풀이 과정과 함께 모두 옳게 구한 경우	100 %
A의 신경자극전도 속도와 t_1 중 한 가지만 옳게 구한 경우	50 %

272



신경	t_1일 때 측정한 막전위(mV)		
	Ⅰ(Q_2)	Ⅱ(Q_3)	Ⅲ(Q_1)
A	−80	㉠	㉡ −70
B	+30	−60	−80

+30

A의 Ⅰ은 재분극 상태이고 B의 Ⅰ은 탈분극 상태이므로 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

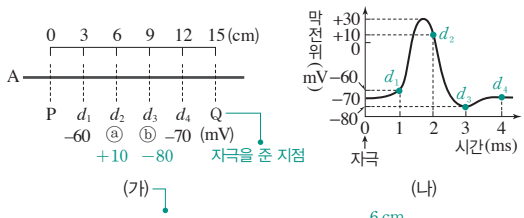
t_1일 때 A의 Ⅰ에서의 막전위는 −80 mV(재분극)이고, B의 Ⅰ에서의 막전위는 +30 mV(탈분극)이므로 B보다 A에 신경자극이 먼저 전도되었다. 따라서 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다. ㉡이 +30이라면 t_1일 때 B의 Ⅲ에서의 막전위가 −80 mV이고, A의 Ⅲ에서의 막전위가 +30(㉡) mV인데, 이 경우 신경자극전도 속도는 B에서가 A에서보다 빠르므로 조건에 모순된다. 따라서 ㉡은 −70이고, ㉠은 +30이다. A에서 Ⅰ은 Ⅱ보다 신경자극이 먼저 전도되었으며, B에서 Ⅲ은 Ⅰ보다 신경자극이 먼저 전도되었으므로 신경자극이 먼저 전도된 순으로 배열하면 Ⅲ, Ⅰ, Ⅱ이다. 따라서 Ⅰ은 Q_2, Ⅱ는 Q_3, Ⅲ은 Q_1이다.

ㄷ. t_1일 때 A와 B의 Q_3(Ⅱ)에서의 막전위는 각각 +30(㉠) mV와 −60 mV이다. B의 Q_3(Ⅱ)에서의 막전위가 −60 mV이므로 B의 Q_3(Ⅱ)에서 탈분극과 재분극 중 하나가 일어나고 있는데, 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 더 빠르므로 B의 Q_3(Ⅱ)에서 탈분극이 일어나고 있다.

바로알기 | ㄱ. 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

ㄴ. ㉠은 +30, ㉡은 −70이다.

273



Q에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 $\frac{6\text{ cm}}{3\text{ cm/ms}}=2\text{ ms}$이고,
신경자극이 전도된 후 d_3에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이다.
➡ Q에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간은 5(㉠) ms이다.

ㄱ. 자극을 준 지점이 P이고 ⓐ가 −80, ⓑ가 +10이라면 d_2에서의 막전위가 −80(ⓐ) mV인데 d_2보다 신경자극이 먼저 전도된 d_1에서의 막전위가 −60 mV일 수 없으므로 조건에 모순된다. 자극을 준 지점이 P이고 ⓐ가 +10, ⓑ가 −80이라면 신경자극이 먼저 전도된 d_2에서의 막전위가 +10(ⓐ) mV, 나중에 신경자극이 전도된 d_3에서의 막전위가 −80(ⓑ) mV일 수 없으므로 조건에 모순된다. 따라서 자극을 준 지점은 Q이다. ⓐ가 −80, ⓑ가 +10이라면 d_2에서의 막전위가 −80(ⓐ) mV인데 d_2보다 신경자극이 먼저 전도된 d_3에서의 막전위가 +10(ⓑ) mV일 수 없으므로 조건에 모순된다. 따라서 ⓐ는 +10, ⓑ는 −80이다.

ㄴ. Q와 d_3 사이의 거리가 6 cm이므로 Q에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 $\frac{6\text{ cm}}{3\text{ cm/ms}}=2\text{ ms}$이다. 신경자극이 전도된 후 d_3에서의 막전위가 −80(ⓑ) mV이므로 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이다. 따라서 ㉠은 5(=2+3)이다.

ㄷ. Q와 d_2 사이의 거리가 9 cm이므로 Q에서 d_2까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 $\frac{9\text{ cm}}{3\text{ cm/ms}}=3\text{ ms}$이다. 따라서 5(㉠) ms일 때 d_2는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 2 ms이다. 따라서 d_2에서의 막전위는 +10 mV이며, 재분극이 일어나고 있다.

274

① 시냅스후뉴런(A)에는 신경전달물질의 수용체가 있다.
② A는 시냅스후뉴런, B는 시냅스전뉴런이다.
③ 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단에는 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포(㉠)가 있다.
④ 신경전달물질이 시냅스후뉴런(A)의 수용체에 결합하면 이온 통로가 열려 시냅스후뉴런이 탈분극된다.
⑤ 시냅스전달은 시냅스전뉴런(B) → 시냅스후뉴런(A)으로 일어난다.

바로알기 | ⑥ 시냅스틈으로 분비된 신경전달물질은 시냅스전뉴런으로 재흡수되거나, 신경전달물질 분해효소에 의해 분해되어 제거된다.

275

ㄱ. 신경자극이 시냅스전뉴런(가)의 축삭돌기 말단에 도달하면 시냅스소포가 세포막과 융합한다.

ㄴ. (가)에 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포가 있으므로 (가)는 시냅스전뉴런이고, (나)에 신경전달물질이 결합하는 수용체가 있으므로 (나)는 시냅스후뉴런이다.

ㄷ. 시냅스틈으로 방출된 신경전달물질(㉠)이 시냅스후뉴런의 막에 있는 수용체에 결합하면 이온 통로가 열리고, Na^+이 이온 통로를 통해 세포 내부로 유입되면서 시냅스후뉴런이 탈분극된다.

276

모범 답안 ⓐ는 '발생함', ⓑ는 '발생 안 함'이다. 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포는 뉴런의 축삭돌기 말단에 있고, 신경전달물질의 수용체는 뉴런의 신경세포체나 가지돌기에 있으므로 시냅스전달은 A에서 B 방향으로만 일어난다. 따라서 ㉠에 자극을 주었을 때에는 신경자극전도와 시냅스전달을 통해 ㉡에서 활동전위가 발생하지만, ㉡에 자극을 주었을 때에는 ㉠에서 활동전위가 발생하지 않는다.

해설 시냅스에서 신경자극은 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단에서 시냅스후뉴런의 신경세포체나 가지돌기 쪽으로만 전달된다. 따라서 ㉠에 역치 이상의 자극을 주면 ㉡에서는 활동전위가 발생하지만, ㉡에 역치 이상의 자극을 주면 ㉠에서는 활동전위가 발생하지 않는다.

채점 기준	배점
ⓐ, ⓑ를 쓰고, 신경전달물질과 시냅스소포를 포함하여 시냅스전달 방향을 옳게 서술한 경우	100 %
ⓐ, ⓑ만 쓴 경우	30 %

277

시냅스틈으로 분비된 신경전달물질이 시냅스전뉴런으로 재흡수되지 않으면 시냅스전달을 촉진하고, 신경전달물질과 수용체의 결합을 억제하면 시냅스전달을 억제한다. X를 처리한 후 ㉠에서 활동전위가 발생하지 않았고, Y를 처리한 후 ㉠에서 활동전위가 발생했으므로 X는 신경전달물질과 수용체의 결합을 억제하는 물질(나)이고, Y는 시냅스틈으로 분비된 신경전달물질이 시냅스전뉴런으로 재흡수되는 것을 막는 물질(가)이다.

ㄴ. X는 (나), Y는 (가)이다.

바로알기 | ㄱ. X를 처리한 후 ㉠에서 휴지전위가 나타났으므로 분극 상태이다. 분극 시 Na^+-K^+펌프를 통한 Na^+의 이동이 일어난다.

ㄷ. Y를 처리한 후 ㉠에서 활동전위가 발생했으므로 Y는 시냅스후뉴런에서 탈분극이 일어나는 것을 억제하지 않는다.

278

(가)와 (나)는 민말이집신경이고, (다)는 말이집신경이다. 신경자극은 (다) → (나) → (가) 방향으로 이동한다.

ㄷ. C와 D는 랑비에결절이므로, D에 역치 이상의 자극을 주면 C에서 활동전위가 발생한다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 가지돌기이다. 가지돌기(㉠) 말단에는 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포가 존재하지 않는다. 따라서 A에 역치 이상의 자극을 주어도 가지돌기(㉠)에서 신경전달물질이 분비되지 않는다.

ㄴ. B에서 발생한 신경자극은 C로 전달되지 않는다. 따라서 B에 역치 이상의 자극을 주면 A와 B에서만 활동전위가 발생한다.

279

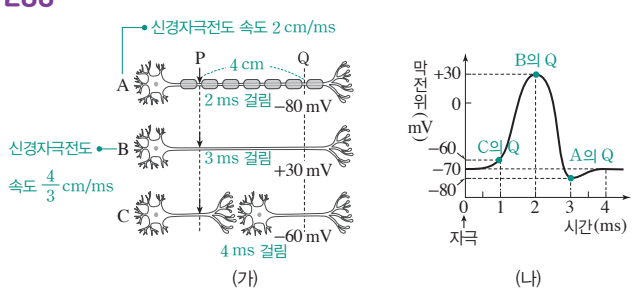
시냅스전달은 시냅스전뉴런에서 시냅스후뉴런 쪽의 한 방향으로만 일어나며, 반대 방향으로는 일어나지 않는다.

ㄴ. A(㉡)에 역치 이상의 자극을 주면 A, B, C, D에서 활동전위가 발생하므로 ⓐ는 4이고, B(㉢)에 역치 이상의 자극을 주면 B, D에서 활동전위가 발생하므로 ⓑ는 2이다.

ㄷ. A(㉡)에 역치 이상의 자극을 주면 A에서 신경전달물질이 분비되어 B로 시냅스전달이 일어나고, B에서 신경전달물질이 분비되어 B에서 D로 시냅스전달이 일어난다.

바로알기 | ㄱ. 역치 이상의 자극을 A에 주면 활동전위가 발생한 뉴런의 수는 4(A, B, C, D), B에 주면 활동전위가 발생한 뉴런의 수는 2(B, D), C에 주면 활동전위가 발생한 뉴런의 수는 1(C), D에 주면 활동전위가 발생한 뉴런의 수는 1(D)이다. 따라서 ㉠과 ㉣은 각각 C와 D 중 하나이고, ㉡은 A, ㉢은 B이다.

280



㉠이 5 ms일 때 A의 Q에서의 막전위가 −80 mV이므로 A의 Q는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 3 ms이다. 따라서 A의 P에서 Q까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2(=5−3) ms이다. A의 신경자극전도 속도가 2 cm/ms이므로 P에서 Q까지의 거리는 4 cm이다. ㉠이 5 ms일 때 B의 Q에서의 막전위가 +30 mV이므로 B의 Q는 신경자극이 전도된 후 막전위 변화가 진행된 시간이 2 ms이다. 따라서 B의 P에서 Q까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 3(=5−2) ms이고, B의 신경자극전도 속도는 $\frac{4}{3}$ cm/ms이다.

ㄱ. A의 신경자극전도 속도가 2 cm/ms이므로 P에서 Q까지의 거리는 4(=2 cm/ms×2 ms) cm이다.

ㄷ. C에는 시냅스가 있으므로 신경자극전도 속도는 B에서보다 느리다. 따라서 ㉠이 5 ms일 때 막전위가 −60 mV인 C의 Q에서는 탈분극이 일어나고 있으므로 C의 P에서 Q까지 신경자극이 전도되고 시냅스전달이 일어나는 데 걸리는 시간은 4(=5−1) ms이다. 따라서 ㉠이 7 ms일 때 C의 Q에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3(=7−4) ms이므로 C의 Q에서의 막전위는 −80 mV이다.

바로알기 | ㄴ. B의 신경자극전도 속도는 $\frac{4}{3}$ cm/ms이다.

281

신경자극전도 속도 1 cm/ms

신경	4 ms일 때 측정한 막전위(mV)		
	Ⅰ d_3	Ⅱ d_4	Ⅲ d_1
A	ⓐ +30	−70	ⓑ −80
B	ⓐ +30	−50	ⓒ −70
C	ⓑ −80	? +30	ⓒ −70

신경자극전도 속도 2 cm/ms

신경자극전도 속도 2 cm/ms, 시냅스 있음

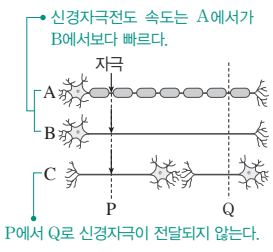
A와 B 중 신경자극전도 속도가 1 cm/ms인 신경에 시냅스가 있다면 신경자극전도 속도가 2 cm/ms인 A와 B 중 하나와 C는 시냅스가 없으므로, A와 B 중 하나의 막전위는 C와 같아야 하는데, 조건에 모순된다. 따라서 시냅스는 신경자극전도 속도가 2 cm/ms인 신경에 있다. 시냅스가 없고 신경자극전도 속도가 1 cm/ms인 신경의 d_1, d_3, d_4에서는 막전위가 −50 mV일 수 없으므로 A의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이고, B의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이다. A의 d_1, d_3, d_4에서의 막전위는 각각 −80 mV, +30 mV, −70 mV이므로 Ⅱ는 d_4이다. B와 C의 d_1에서의 막전위는 같으므로 Ⅲ은 d_1이다. A의 d_2에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 $1\left(=\frac{1\text{ cm}}{1\text{ cm/ms}}\right)$ ms이다. 따라서 ㉠이 4 ms일 때 A의 d_1(Ⅲ)에서의 막전위는 −80 mV이므로 ⓑ는 −80이고, ⓐ는 +30이며, ⓒ는 −70이다. d_2와 d_3 사이의 거리는 2 cm이고, C의 d_3(Ⅰ)에서의 막전위가 −80(ⓑ) mV이므로 C에 시냅스가 없다. 따라서 시냅스는 B에 있다.

ㄱ. 시냅스는 B에 존재한다.

바로알기 | ㄴ. ⓐ는 +30, ⓑ는 −80, ⓒ는 −70이다.

ㄷ. Ⅰ은 d_3, Ⅱ는 d_4, Ⅲ은 d_1이다.

282



신경	Q에서의 막전위 (mV)	
	t_1	t_2
A	+20	−80
B	−20	−40 재분극
C	−70	㉠ −70

탈분극

ㄱ. 신경자극은 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단에서 시냅스후뉴런의 가지돌기나 신경세포체 쪽으로만 전달되므로 C의 P에서 발생한 신경자극은 Q로 전달되지 않는다. 따라서 t_2일 때 Q에서의 막전위는 −70(㉠) mV이다.

ㄴ. t_2일 때 A의 Q에서의 막전위는 −80 mV, B의 Q에서의 막전위는 −40 mV이므로, 같은 거리를 신경자극이 전도된 후 A는 B보다 막전위 변화가 더 많이 진행되었다. 따라서 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다. 이처럼 말이집신경(A)에서는 도약전도가 일어나므로 신경자극전도 속도는 말이집신경(A)에서가 민말이집신경(B)에서보다 빠르다.

바로알기 | ㄷ. B의 Q에서의 막전위는 t_1일 때 −20 mV이고, t_2일 때 −40 mV이므로, 시간이 더 지난 t_2일 때 B의 Q에서는 재분극이 일어나고 있다.

283

② 카페인은 시냅스전달을 강화하여 각성을 일으키는 약물의 일종이다.

③ 각성제, 환각제, 진정제 등은 주로 시냅스전달 과정에 영향을 미친다.

④ 오용은 본래의 목적과 다른 목적으로 약물을 사용하는 것이다.

⑤ 약물을 적절하게 사용하면 몸의 긴장을 완화하고 통증을 줄일 수 있다.

바로알기 | ① 담배에 포함된 니코틴은 시냅스전달을 강화하는 각성제의 한 종류로 약물에 해당한다.

284

B. 약물을 본래의 목적과 다른 목적으로 사용(오용)하거나, 과도하게 많이 사용(남용)하는 경우 신경계 기능에 문제를 일으킬 수 있다.

바로알기 | A. 각성제는 시냅스전달 과정에 영향을 주는 약물이다.

C. 카페인은 시냅스전달을 강화하여 각성을 일으키는 각성제에 해당한다.

285

X를 처리한 후 시냅스후뉴런에서 활동전위의 발생 빈도가 증가했으므로 X는 시냅스전달을 강화하는 물질로 각성제이다. ㉠은 각성제, ㉡은 환각제, ㉢은 진정제이다.

ㄱ. X는 각성제(㉠)이다.

ㄷ. 비정상적인 시냅스전달을 일으켜 인지 능력과 의식을 왜곡하는 ㉡은 환각제이다.

바로알기 | ㄴ. X는 시냅스전달을 강화하는 물질이므로 시냅스전뉴런에서 신경전달물질의 방출을 억제하지 않는다.

12 신경계

빈출 자료 보기 89쪽

286 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

286

A는 체성신경계의 운동신경, B는 교감신경의 신경절이전 뉴런, C는 교감신경의 신경절이후 뉴런, D는 부교감신경의 신경절이전 뉴런, E는 부교감신경의 신경절이후 뉴런이다.

(2) 자율신경계에 속하는 B, C, D, E는 대뇌의 직접적인 조절을 받지 않는다.

(3) 교감신경의 신경절이후 뉴런(C)이 흥분하면 말단에서 노르에피네프린이 분비되어 심장박동이 촉진된다.
(4) 방광에 연결된 부교감신경의 신경절이전 뉴런(D)의 신경세포체는 척수에 있다.

바로알기 | (1) A는 중추신경계의 반응 명령을 반응기관(골격근)으로 전달하는 체성신경계의 운동신경으로, 원심성신경에 해당한다.
(5) 체성신경계의 운동신경(A)과 교감신경의 신경절이전 뉴런(B)의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.
(6) 부교감신경의 신경절이후 뉴런(E)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

난이도별 필수 기출 90쪽~95쪽

287 ① 288 ② 289 ⑦ 290 ⑤ 291 ④ 292 ③
293 ⑤ 294 ① 295 ③ 296 ② 297 ④ 298 ②
299 ⑤ 300 ③ 301 교감신경 302 해설 참조 303 ④
304 ① 305 ④ 306 해설 참조 307 해설 참조
308 ① 309 ③ 310 ⑤ 311 ③ 312 ④

287 ㄱ. 사람의 신경계는 뇌와 척수로 구성된 중추신경계와 온몸에 퍼져 있는 말초신경계로 구분된다.

바로알기 | ㄴ, ㄷ. 뇌와 척수는 중추신경계에 속하고, 뇌에 연결된 뇌신경과 척수에 연결된 척수신경은 말초신경계에 속한다.

288 ㉠은 중추신경계, ㉡은 말초신경계, A는 뇌신경, B는 척수신경이다.
ㄷ. 말초신경계는 구심성신경과 원심성신경으로 구성되며, 감각신경은 구심성신경에 속하고, 체성신경계와 자율신경계는 원심성신경에 속한다. 따라서 자율신경계는 말초신경계(㉠)에 속한다.

바로알기 | ㄱ. 뇌에 연결된 뇌신경(A)은 12쌍으로 이루어져 있으며, 척수에 연결된 척수신경(B)은 31쌍으로 이루어져 있다.
ㄴ. 척수신경(B)은 척수에서 나오는 말초신경이고, 척수는 중추신경계로 척수신경이 척수를 구성하지 않는다.

289 A는 대뇌, B는 사이뇌, C는 중간뇌, D는 소뇌, E는 숨골, F는 다리뇌이다.
⑦ 생명을 유지하는 데 관여하는 뇌줄기는 중간뇌(C), 숨골(E), 다리뇌(F)로 구성된다.

바로알기 | ① 대뇌(A)는 수의운동의 중추로 골격근의 움직임에 관여한다.
② 사이뇌(B)는 자율신경과 내분비계의 조절 중추이다.
③ 중간뇌(C)는 동공반사의 중추이다. 시상과 시상하부 등으로 구분되는 것은 사이뇌(B)이다.
④ 소뇌(D)는 대뇌와 함께 수의운동을 조절한다.
⑤ 숨골(E)은 심장박동과 호흡운동의 중추이다.
⑥ 다리뇌(F)는 대뇌와 소뇌 사이에서 정보를 전달한다.

290 항상성 유지에 관여하는 A는 사이뇌이고, 감각과 수의운동의 중추인 B는 대뇌이며, C는 숨골이다.
ㄱ. A는 사이뇌, B는 대뇌, C는 숨골이다.
ㄴ. 대뇌(B)의 겉질은 신경세포체가 모여 있는 회색질이다. 대뇌의 정신활동은 대부분 겉질에서 일어난다.
ㄷ. 숨골(C)은 신경의 대부분이 좌우 교차하는 곳이므로 '신경의 좌우 교차가 일어난다.'는 ㉠에 해당한다.

291 (가)는 대뇌와 뇌줄기의 기능이 모두 상실된 환자이고, (나)는 대뇌의 기능은 상실되었지만 뇌줄기의 기능은 정상이다.
ㄴ. (나)는 호흡운동의 중추인 숨골의 기능이 정상이므로 스스로 호흡이 가능하다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 대뇌의 기능이 상실되었으므로 의식적 반응을 할 수 없다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 동공반사의 중추인 중간뇌의 기능이 상실되었으므로 (가)에서 동공반사가 일어나지 않는다.

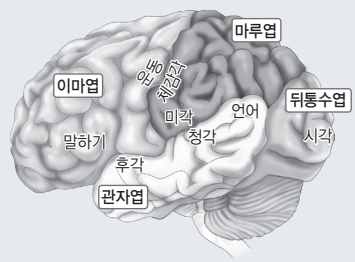
292 대뇌의 겉질은 기능상 감각령, 연합령, 운동령으로 구분된다. 감각령은 감각의 중추로 감각기관으로부터 정보를 받아 처리하고, 운동령은 수의운동의 중추로 연합령의 명령을 받아 수의운동이 일어나도록 한다.
ㄱ. A는 좌반구 감각령에 위치하므로 A가 손상되면 입술의 감각이 사라진다.
ㄴ. 대뇌의 겉질은 신경세포체가 모여 있는 회색질이므로 B에는 신경세포체가 모여 있다.

바로알기 | ㄷ. 무릎반사의 중추는 척수이므로, C에 역치 이상의 자극을 주어도 무릎반사가 일어나지 않는다.

293 ㄱ. 친구와 대화를 할 때 말하기 영역이 있는 이마엽과 청각 영역이 있는 관자엽이 활성화된다.
ㄴ. 글자를 볼 때 활성화되는 부위가 뒤통수엽이므로 뒤통수엽에는 시각을 감지하는 감각령이 있다.
ㄷ. 말을 들을 때, 글자를 볼 때, 말을 할 때, 생각할 때 대뇌겉질이 활성화되는 부위가 다르므로 대뇌겉질은 부위에 따라 기능이 분업화되어 있음을 알 수 있다.

✓ 개념 보충

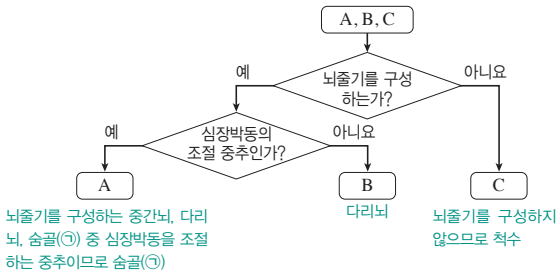
- 대뇌겉질은 위치에 따라 이마엽, 마루엽, 관자엽, 뒤통수엽으로 구분하고, 기능에 따라 감각령, 연합령, 운동령으로 구분한다.
- 대뇌의 각 영역은 기능이 분업화되어 있어 부위에 따라 다른 기능을 한다. ➡ 대뇌의 각 영역은 분업화되어 있지만 서로 긴밀히 연결되어 있어 정보를 교환하고 통합하여 복잡한 인지 과정을 수행한다.



294 척수는 뇌와 말초신경계를 이어 주는 통로 역할을 하며, 척수의 겉질은 축삭돌기가 모여 있는 백색질, 속질은 신경세포체가 모여 있는 회색질이다. 척수의 등 쪽으로 감각신경 다발인 후근이, 배 쪽으로 운동신경 다발인 전근이 배열되어 있다.
ㄴ. ㉠은 감각신경, ㉡은 운동신경이다. 감각신경(㉠)과 운동신경(㉡)은 척수에 연결된 말초신경이므로 척수신경에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. A는 속질, B는 겉질이다. 척수의 속질(A)은 신경세포체가 모여 있는 회색질이다.
ㄷ. 감각신경(㉠)은 피부와 같은 감각기관에 연결되어 있고, 운동신경(㉡)은 골격근과 같은 반응기관에 연결되어 있다.

295



ㄱ. A는 숨골(㉠), B는 다리뇌, C는 척수이다.

ㄷ. 회피반사의 중추는 척수(C)이다.

바로알기 | ㄴ. 홍채운동을 조절하는 중추는 중간뇌이다. 다리뇌(B)는 대뇌와 소뇌 사이에서 정보를 전달한다.

296

구분	㉠	㉡	㉢
소뇌 A	ⓐ×	○	×
숨골 B	?○	×	ⓑ○
중간뇌 C	○	?○	×

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉢)
• 뇌줄기를 구성한다. 숨골, 중간뇌 ➡ ㉠ • 소화액 분비의 중추이다. 숨골 ➡ ㉢ • 몸의 평형 유지에 관여한다. 소뇌, 중간뇌 ➡ ㉡

(나)

뇌줄기를 구성하는 것은 숨골과 중간뇌이고, 소화액 분비의 중추는 숨골이며, 몸의 평형 유지에 관여하는 것은 소뇌와 중간뇌이다. '소화액 분비의 중추이다.'는 숨골만 갖는 특징이므로 ㉢은 '소화액 분비의 중추이다.'이고, B는 숨골이며, ⓑ는 '○'이다. 숨골은 뇌줄기를 구성하므로, ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.'이다. 따라서 특징 ㉠이 있는 C는 중간뇌이고, A는 소뇌이며, ⓐ는 '×'이다. 나머지 ㉡은 '몸의 평형 유지에 관여한다.'이다.

ㄷ. 소뇌(A)는 좌우 2개의 반구로 나누어져 있다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.', ㉡은 '몸의 평형 유지에 관여한다.', ㉢은 '소화액 분비의 중추이다.'이다.

ㄴ. ⓐ는 '×'이고, ⓑ는 '○'이다.

297

감각기관에서 받아들인 정보를 전달하는 A는 감각신경이고, 반응기관으로 정보를 전달하는 C는 운동신경이다. 감각신경(A)과 운동신경(C)을 연결하는 B는 연합뉴런으로 구성된 신경이다.

ㄴ. 감각신경(A)은 척수의 후근을 이루고, 운동신경(C)은 척수의 전근을 이룬다.

ㄷ. 연합뉴런으로 구성된 신경(B)에서 운동신경(C)으로 시냅스전달이 일어나는 곳은 척수의 속질인 회색질이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 척수의 겉질로, 주로 뉴런의 축삭돌기가 모여 흰색을 띠는 백색질이다.

298

무릎반사의 중추는 척수이고, 반응 경로는 자극 → 감각기관 → 감각신경 → 척수 → 운동신경 → 반응기관 → 반응이다. A는 감각신경, B는 연합뉴런으로 구성된 신경, C는 운동신경이다.

ㄴ. 감각신경(A)과 운동신경(C)은 모두 말초신경계에 속한다.

바로알기 | ㄱ. B는 척수를 구성하는 신경이다. 척수신경은 척수에 연결된 감각신경(A)과 운동신경(C)이다.

ㄷ. 운동신경(C)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

299

ㄱ. 갑자기 날아오는 공을 보고 눈을 감을 때 반응이 일어나는 경로는 감각기관(눈, A) → 감각신경 → 대뇌 → 운동신경 → 반응기관(눈, C)이다.

ㄴ. 뾰족한 바늘에 손이 찔렸을 때 자신도 모르게 손을 떼는 과정은 회피반사이다. 이때 반응이 일어나는 경로는 감각기관(피부, B) → 감각신경 → 척수 → 운동신경 → 반응기관(손, E)이다.

ㄷ. 경로 A → D는 얼굴에 분포한 감각기관(A)에서 받아들인 감각 정보가 척수를 거치지 않고 대뇌로 전달되며, 대뇌의 명령이 척수를 거쳐 반응기관(D)에 전달되는 경로이다. 따라서 경로 A → D에는 대뇌의 지배를 받아 골격근의 반응을 조절하는 체성신경계의 운동신경이 관여한다.

300

(가)는 구심성신경, (나)는 원심성신경, ㉠은 감각신경, ㉡은 운동신경, ㉢과 ㉣은 각각 교감신경과 부교감신경 중 하나이다.

ㄱ. 중추신경계에서 내린 반응 명령을 근육으로 전달하는 체성신경계와 분비샘 등으로 전달하는 자율신경계는 원심성신경에 속하므로 (나)는 원심성신경이다.

ㄷ. ㉢과 ㉣은 각각 교감신경과 부교감신경 중 하나이며, 교감신경과 부교감신경은 모두 중추에서 나와 반응기관에 이르기까지 뉴런 2개가 신경절에서 시냅스를 이룬다.

바로알기 | ㄴ. 체성신경계의 운동신경(㉡)은 골격근의 반응을 조절하며, 자율신경계의 교감신경과 부교감신경은 내장근, 분비샘 등을 조절한다.

301

교감신경은 우리 몸을 위기 상황에 대처하기에 알맞은 긴장 상태로 만든다.

302

모범 답안 교감신경이 흥분하여 심장박동이 촉진되고, 숨관가지가 확장(이완)되며, 동공이 확대되고, 방광이 확장(이완)되면서 몸을 위기 상황에 대처하기에 알맞은 긴장 상태로 만든다.

해설 교감신경이 흥분하면 신경절이후 뉴런의 말단에서 노르에피네프린이 분비되어 심장박동이 촉진되고, 숨관가지가 확장(이완)하며, 동공이 확대되고, 방광이 확장(이완)된다.

채점 기준	배점
주어진 용어를 모두 포함하여 교감신경의 작용으로 나타나는 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
주어진 용어 중 2가지를 포함하여 교감신경의 작용으로 나타나는 변화를 옳게 서술한 경우	50 %

303

A는 신경절이전 뉴런의 길이가 신경절이후 뉴런의 길이보다 짧으므로 교감신경이고, B는 신경절이전 뉴런의 길이가 신경절이후 뉴런의 길이보다 길므로 부교감신경이다. 교감신경(A)을 자극했을 때 심장세포에서 활동전위 발생 빈도가 증가하여 심장박동이 촉진되므로, ㉠은 자극 후, ㉡은 자극 전이다.

ㄱ. ㉠은 자극 후, ㉡은 자극 전이다.

ㄷ. A는 교감신경, B는 부교감신경이다.

바로알기 | ㄴ. 심장과 연결된 교감신경(A)의 신경절이전 뉴런의 신경세포체는 척수에 있고, 심장과 연결된 부교감신경(B)의 신경절이전 뉴런의 신경세포체는 숨골에 있다.

304

교감신경의 신경절이전 뉴런의 말단 및 부교감신경의 신경절이전 뉴런의 말단과 신경절이후 뉴런의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비되고, 교감신경의 신경절이후 뉴런의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다. ㉡과 ㉢의 말단에서 분비되는 신경전달물질이 서로 다르다고 하였으므로 ㉡의 말단에서는 노르에피네프린이 분비되고 ㉢의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다. 따라서 ㉡은 교감신경의 신경절이후 뉴런이고 ㉢은 부교감신경의 신경절이전 뉴런이다.

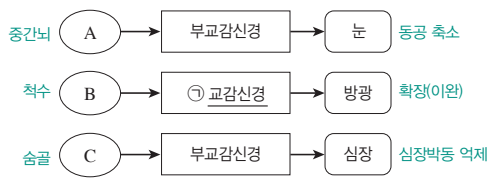
ㄱ. 교감신경의 신경절이전 뉴런(㉠)의 길이는 신경절이후 뉴런(㉡)의 길이보다 짧고, 부교감신경의 신경절이전 뉴런(㉢)의 길이는 신경절이후 뉴런(㉣)의 길이보다 길다. 따라서

$\frac{\text{교감신경의 신경절이전 뉴런(㉠)의 길이}}{\text{교감신경의 신경절이후 뉴런(㉡)의 길이}} < \frac{\text{부교감신경의 신경절이전 뉴런(㉢)의 길이}}{\text{부교감신경의 신경절이후 뉴런(㉣)의 길이}}$이다.

바로알기 | ㄴ. 홍채에 연결된 교감신경의 신경절이전 뉴런(㉠)의 신경세포체는 척수에 있다.

ㄷ. 부교감신경의 신경절이후 뉴런(㉣)의 말단에서 분비되는 신경전달물질(아세틸콜린)의 양이 증가하면 동공이 작아진다.

305



부교감신경에 의해 눈과 연결되어 있는 A는 중간뇌, 교감신경에 의해 방광과 연결되어 있는 B는 척수, 부교감신경에 의해 심장과 연결되어 있는 C는 숨골이다.

ㄱ. 척수(B)의 속질은 신경세포체가 모여 있어 회색을 띠는 회색질이다.

ㄷ. 중간뇌(A)와 숨골(C)은 뇌줄기에 포함된다.

바로알기 | ㄴ. 방광에 연결된 교감신경(㉠)이 흥분하면 방광이 확장(이완)한다.

306

모범 답안 부교감신경, 신경절이전 뉴런(㉠)과 신경절이후 뉴런(㉡)의 말단에서 같은 신경전달물질이 분비되기 때문이다.

해설 교감신경의 경우 신경절이전 뉴런과 신경절이후 뉴런의 말단에서 분비되는 신경전달물질이 다르고, 부교감신경의 경우 신경절이전 뉴런과 신경절이후 뉴런의 말단에서 분비되는 신경전달물질이 같다.

채점 기준	배점
부교감신경이라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
부교감신경이라고만 쓴 경우	30 %

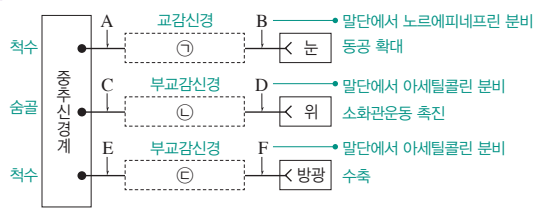
307

모범 답안 부교감신경(A)은 신경절이전 뉴런(㉠)의 길이가 신경절이후 뉴런(㉡)의 길이보다 길다.

해설 교감신경의 경우 신경절이전 뉴런의 길이가 신경절이후 뉴런의 길이보다 짧고, 부교감신경의 경우 신경절이전 뉴런의 길이가 신경절이후 뉴런의 길이보다 길다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡의 길이를 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
신경절이전 뉴런의 길이가 길다라고만 서술한 경우	30 %

308



B의 말단에서 분비되는 신경전달물질의 양이 증가하면 동공이 확대되므로 B는 교감신경의 신경절이후 뉴런이다. D의 말단에서 분비되는 신경전달물질의 양이 증가하면 소화관운동이 촉진되므로 D는 부교감신경의 신경절이후 뉴런이다. F의 말단에서 분비되는 신경전달물질의 양이 증가하면 방광이 수축하므로 F는 부교감신경의 신경절이후 뉴런이다.

ㄴ. 방광에 연결된 부교감신경의 신경절이전 뉴런(E)은 척수의 배 쪽에서 뻗어 나온 전근을 통해 나온다.

바로알기 | ㄱ. 교감신경의 신경절이전 뉴런(A)의 신경세포체는 척수에 있다.

ㄷ. 부교감신경의 신경절이전 뉴런(C)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다. 교감신경의 신경절이후 뉴런(B)의 말단에서는 노르에피네프린이 분비되고, 부교감신경의 신경절이후 뉴런(D와 F)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다. 따라서 부교감신경의 신경절이전 뉴런(C)의 말단과 같은 물질이 분비되는 곳은 D, F 두 곳이다.

309

교감신경의 신경절이후 뉴런의 말단에서 노르에피네프린이 분비되므로 (가)는 교감신경, (나)는 부교감신경이고, (다)는 감각신경이다.

ㄱ. 교감신경(가)이 흥분하면 위에서 소화액 분비가 억제된다.

ㄴ. 위에 연결된 부교감신경(나)의 신경절이전 뉴런의 신경세포체는 숨골에 있다.

바로알기 | ㄷ. 감각신경(다)은 척수의 등 쪽에서 뻗어 나온 후근을 통해 들어간다.

310

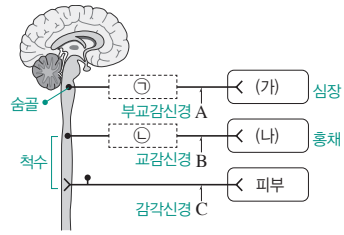
㉠은 중추에서 기관까지 신경절이 없이 하나의 뉴런으로 연결되어 있으므로 체성신경계의 운동신경이며, ㉡은 교감신경의 신경절이전 뉴런, ㉢은 부교감신경의 신경절이후 뉴런이다. 체성신경계의 운동신경이 연결된 A는 다리의 골격근, 자율신경이 연결된 B는 방광이다.

ㄱ. A는 다리의 골격근, B는 방광이다.

ㄴ. 체성신경계의 운동신경(㉠)의 말단과 부교감신경의 신경절이후 뉴런(㉢)의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

ㄷ. 방광에 연결된 교감신경의 신경절이전 뉴런(㉡)의 신경세포체는 척수에 있다.

311



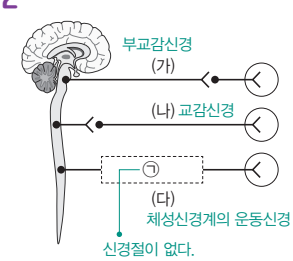
㉠과 ㉡에 신경절이 있으므로 A와 B는 자율신경이다. C는 피부에 연결되어 있고 신경절이 없으므로 감각신경이다. A의 신경절이전 뉴런의 신경세포체가 숨골에 있으므로 A는 부교감신경이며, (가)는 심장이다. B의 신경절이전 뉴런의 신경세포체가 척수에 있으므로 B는 교감신경이며, (나)는 홍채이다.

ㄱ. (가)는 심장, (나)는 홍채이다.

ㄴ. 교감신경(B)의 신경절이후 뉴런의 말단에서 노르에피네프린이 분비된다.

바로알기 | ㄷ. C는 감각신경으로 자율신경계에 속하지 않는다.

312



구분	반응
(다) Ⅰ	다리가 올라간다.
(가) Ⅱ	?
(나) Ⅲ	숨관가지가 확장(이완)된다.

(가)는 신경절이전 뉴런이 신경절이후 뉴런보다 긴 부교감신경, (나)는 신경절이전 뉴런이 신경절이후 뉴런보다 짧은 교감신경이다. 교감신경은

숨관가지를 확장(이완)시키므로 Ⅲ은 (나)이고, 체성신경계의 운동신경에 의해 다리가 올라가므로 Ⅰ은 (다)이며, Ⅱ는 (가)이다.
ㄴ. Ⅲ은 숨관가지가 확장(이완)되게 하므로 교감신경에 해당한다. 따라서 Ⅲ을 일으키는 원심성신경은 (나)이다.
ㄷ. Ⅱ는 부교감신경인 (가)에 의해 일어난다. (가)의 신경절이전 뉴런의 신경세포체가 숨골에 있으므로 '소화액 분비가 촉진된다.'는 Ⅱ의 반응에 해당한다.
바로알기 | ㄱ. (다)는 Ⅰ을 일으키는 체성신경계의 운동신경이므로 ㉠ 부위에 신경절이 없다.

13 항상성 유지의 원리

빈출 자료 보기 97쪽
313 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

313 ㉠은 시상하부에서 분비되는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH), ㉡은 뇌하수체전엽(A)에서 분비되는 갑상샘자극호르몬(TSH)이다. A는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)의 표적기관인 뇌하수체전엽, B는 갑상샘자극호르몬(TSH)의 표적기관인 갑상샘이다.
(4) 갑상샘에서 분비되는 타이록신의 분비량은 음성피드백으로 조절되어 혈중 타이록신의 농도가 일정하게 유지된다.
(5) 혈중 타이록신의 농도가 높아지면 음성피드백으로 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)(㉠)의 분비와 갑상샘자극호르몬(TSH)(㉡)의 분비가 각각 억제된다.
바로알기 | (1) A는 뇌하수체전엽, B는 갑상샘이다.
(2) ㉠은 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH), ㉡은 갑상샘자극호르몬(TSH)이다.
(3) 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)(㉠)의 분비가 촉진되면 갑상샘자극호르몬(TSH)(㉡)의 분비가 촉진된다.

난이도별 필수 기출 98쪽~101쪽

314 ② 315 ③ 316 ⑤ 317 ⑤ 318 ① 319 ④
320 ② 321 ④ 322 ② 323 ⑤ 324 ③ 325 ④
326 ㉠ 시상하부, ㉡ 갑상샘 327 해설 참조 328 ①
329 ③ 330 ⑤

314 ① 호르몬은 적은 양으로 특정 조직이나 기관의 생리작용을 조절하는 물질이다.
③, ④ 호르몬은 혈액을 따라 이동하다가 표적세포에만 작용한다.
⑤ 호르몬의 분비량이 정상 범위보다 많으면 과다증이 나타나고, 정상 범위보다 적으면 결핍증이 나타난다.
⑥ 호르몬은 항상성 유지 및 발생, 생식, 성장 등에서 중요한 역할을 한다.
바로알기 | ② 호르몬은 내분비샘에서 생성되어 혈관으로 분비된다.

315 호르몬은 내분비샘에서 생성되어 혈관으로 분비되고, 혈액을 따라 이동하다가 표적세포에 작용한다. B는 호르몬 ㉡을 분비하는 내분비샘, D는 호르몬 ㉠을 분비하는 내분비샘이고, A는 ㉠의 표적세포, C는 ㉡의 표적세포이다.
ㄱ. A는 ㉠에 대한 수용체가 있는 ㉠의 표적세포이다.
ㄷ. ㉠과 ㉡은 혈액을 따라 온몸으로 이동하다가 표적세포에 작용한다.
바로알기 | ㄴ. ㉡은 내분비샘 B에서 생성되어 별도의 분비관 없이 혈관으로 분비된다.

316 사람성장호르몬은 뇌하수체전엽에서 분비되고, 인슐린은 이자에서 분비된다. 따라서 A는 뇌하수체전엽, C는 이자이고, B는 부신이다.
ㄱ. 뇌하수체전엽(A)에서 생식샘자극호르몬이 분비된다.
ㄴ. 부신(B)에서 심장박동을 촉진시키는 에피네프린이 분비된다.
ㄷ. 이자(C)의 β세포에서 분비되는 인슐린(ⓐ)은 혈당량을 감소시키는 호르몬이다.

317 갑상샘자극호르몬(TSH)을 분비하는 A는 뇌하수체전엽이며, 타이록신을 분비하는 B는 갑상샘이다. 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하는 호르몬인 ㉠은 항이뇨호르몬(ADH)이며, 항이뇨호르몬(ADH)(㉠)을 분비하는 C는 뇌하수체후엽이다.
ㄱ. 뇌하수체전엽(A)에서 분비된 갑상샘자극호르몬(TSH)이 갑상샘(B)을 자극하여 타이록신의 분비를 촉진하므로 갑상샘(B)에는 갑상샘자극호르몬(TSH)의 표적세포가 있다.
ㄴ. 갑상샘에서 분비되는 타이록신의 양은 음성피드백으로 조절되어 혈중 타이록신의 농도가 일정하게 유지된다.
ㄷ. 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하여 혈장 삼투압을 조절하는 ㉠은 항이뇨호르몬(ADH)이다.

318 자궁수축을 촉진하는 A는 옥시토신이고, 물질대사를 촉진하는 B는 타이록신이며, C는 글루카곤이다.
ㄴ. 물질대사를 촉진하는 B는 타이록신이다.
바로알기 | ㄱ. 자궁수축을 촉진하는 호르몬인 옥시토신(A)은 뇌하수체후엽에서 분비된다.
ㄷ. 글루카곤(C)은 간에서 글라이코젠의 분해를 촉진하여 혈당량을 증가시킨다. 인슐린이 간에서 글라이코젠의 합성을 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.

319 A는 갑상샘, B는 뇌하수체전엽, C는 부신속질, D는 이자이다.
ㄱ. A는 갑상샘이다.
ㄷ. 부신속질(C)에서 분비되는 에피네프린은 혈당량을 증가시키고, 이자(D)에서 분비되는 글루카곤도 혈당량을 증가시킨다.
바로알기 | ㄴ. 뇌하수체전엽(B)에서는 갑상샘(A)과 생식샘 등에 작용하는 호르몬이 분비되며, 이자(D)에 작용하는 호르몬은 분비되지 않는다.

320

호르몬 \ 특징	㉠	㉡	㉢
글루카곤 A	○	?×	○
인슐린 B	ⓐ×	×	○
에피네프린 C	○	○	ⓑ○

(○: 있음, ×: 없음)
(가)

특징(㉠~㉢)
- 부신에서 분비된다. 에피네프린 ➡ ㉡
- 혈당량을 증가시킨다. ➡ 글루카곤, 에피네프린 ➡ ㉠
- 혈액을 따라 이동한다. ➡ 인슐린, 글루카곤, 에피네프린 ➡ ㉢

(나)

부신에서 분비되는 호르몬은 에피네프린이고, 혈당량을 증가시키는 호르몬은 글루카곤, 에피네프론이며, 혈액을 따라 이동하는 호르몬은 인슐린, 글루카곤, 에피네프린이다. 하나의 호르몬만이 나타내는 특징인 ㉡이 '부신에서 분비된다.'이고, 이 특징을 나타내는 C가 에피네프린이다.

하나의 특징만을 나타내는 B가 인슐린이며, ⓐ는 '×'이고 ㉢은 '혈액을 따라 이동한다.'이다. A는 글루카곤이며, ㉠은 '혈당량을 증가시킨다.'이다. 에피네프린(C)은 특징 ㉠~㉢을 모두 가지므로 ⓑ는 '○'이다.

ㄴ. ㉠은 글루카곤(A)과 에피네프린(C)이 모두 갖는 특징이므로 '혈당량을 증가시킨다.'이다.

바로알기 | ㄱ. ⓐ는 '×', ⓑ는 '○'이다.

ㄷ. A는 글루카곤, B는 인슐린, C는 에피네프린이다.

321 A는 난소이고, 항이뇨호르몬(ADH)은 뇌하수체후엽에서 분비되므로 C는 뇌하수체후엽이며, B는 뇌하수체전엽이다. 뇌하수체전엽(B)과 뇌하수체후엽(C)은 시상하부의 명령에 따라 호르몬을 분비하며, 뇌하수체전엽(B)에서 분비되는 생식샘자극호르몬(ⓐ)에 의해 난소(A)에서 에스트로젠(ⓑ)의 분비가 촉진된다. 따라서 ㉠은 뇌하수체후엽(C), ㉡은 뇌하수체전엽(B), ㉢은 난소(A)이다.

ㄱ. ㉠은 뇌하수체후엽(C)이다.

ㄴ. 뇌하수체전엽(B, ㉡)에서 분비되는 생식샘자극호르몬(ⓐ)에 의해 난소(A, ㉢)에서 에스트로젠의 분비가 촉진되므로 에스트로젠은 ⓑ에 해당한다.

바로알기 | ㄷ. 뇌하수체전엽(B, ㉡)에서는 부신속질이 표적기관인 호르몬이 분비되지 않는다.

322 ㄷ. 신경계와 내분비계는 신호를 전달하여 항상성 유지에 관여한다.

바로알기 | ㄱ. 신호 전달 효과는 신경계는 빨리 사라지고 내분비계는 오래 지속되므로 신호 전달 효과의 지속 시간은 신경계에 비해 내분비계가 길다.

ㄴ. 특정 신호의 작용 범위는 신경계가 내분비계에 비해 좁다.

323 (가)는 내분비계에 의한 신호 전달이고, (나)는 신경계에 의한 신호 전달이다. 물질 ⓐ는 세포에서 혈관으로 분비되어 혈액을 따라 이동하다가 수용체가 있는 표적세포에만 작용하므로 호르몬이다. 물질 ⓑ는 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경전달물질이다.

ㄱ. 호르몬(ⓐ)은 내분비샘에서 생성된다.

ㄴ. 신호 전달 효과는 내분비계에 의한 신호 전달(가)이 신경계에 의한 신호 전달(나)보다 비교적 오래 지속된다.

ㄷ. ㉠에는 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비된 신경전달물질(ⓑ)에 대한 수용체가 있다.

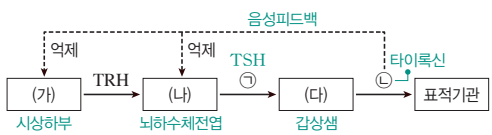
324 (가)는 신경계에 의한 신호 전달이고, (나)는 내분비계에 의한 신호 전달이다. 물질 ㉠은 신경전달물질, 물질 ㉡은 호르몬이고, 세포 A는 내분비세포이다.

ㄱ. 신호 전달 속도는 신경계에 의한 신호 전달(가)이 내분비계에 의한 신호 전달(나)보다 빠르다.

ㄴ. 신경전달물질(㉠)과 호르몬(㉡)은 모두 화학 물질이다.

바로알기 | ㄷ. 호르몬(㉡)을 분비하는 세포 A는 내분비세포이다. 표적세포는 특정 호르몬의 수용체가 있어 해당 호르몬의 작용으로 변화가 일어나는 세포이다.

325



시상하부에서 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)의 분비가 촉진되면 뇌하수체전엽에서 갑상샘자극호르몬(TSH)의 분비가 촉진되며, 그 결과 갑상샘에서 타이록신의 분비가 촉진된다. 따라서 (가)는 시상하부, (나)는 뇌하수체전엽, (다)는 갑상샘이며, ㉠은 갑상샘자극호르몬(TSH), ㉡은 타이록신이다.

ㄴ. 갑상샘자극호르몬(TSH)의 표적기관은 갑상샘(다)이다.

ㄷ. 혈중 타이록신(㉡)의 농도가 정상보다 높아지면 음성피드백으로 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)의 분비와 갑상샘자극호르몬(TSH)의 분비가 각각 억제된다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)이 분비되는 시상하부이다.

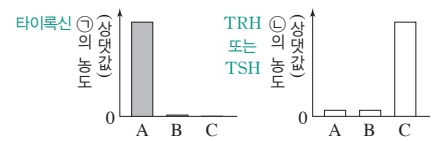
326 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)이 분비되는 내분비샘인 ㉠은 시상하부이고, ㉡은 갑상샘이다.

327 **모범 답안** 혈중 타이록신(가)의 농도가 증가하면 음성피드백에 의해 갑상샘자극호르몬(TSH)(나)의 분비가 억제된다.

해설 갑상샘(㉡)에서 분비되는 호르몬인 (가)는 타이록신이고, (나)는 갑상샘자극호르몬(TSH)이다.

채점 기준	배점
음성피드백을 언급하며 (나)의 분비 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
(나)의 분비 변화만 옳게 서술한 경우	40 %

328



- 갑상샘을 제거한 쥐 B, C에서는 타이록신의 농도가 낮다. ➡ ㉠은 타이록신
- 갑상샘을 제거한 쥐 C에서는 TRH와 TSH의 농도가 높다. ➡ ㉡은 TRH 또는 TSH
- 갑상샘을 제거한 쥐 B에 ⓐ를 주사한 후 ㉡의 농도가 갑상샘을 제거하지 않은 쥐 A와 같다. ➡ ⓐ는 타이록신

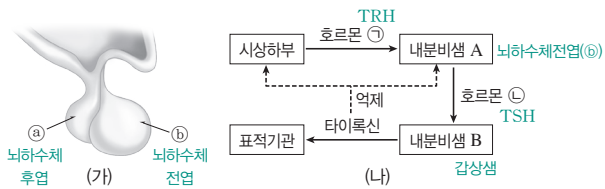
시상하부에서 분비되는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)은 뇌하수체전엽에서 갑상샘자극호르몬(TSH)의 분비를 촉진하고, 뇌하수체전엽에서 분비된 갑상샘자극호르몬(TSH)은 갑상샘에서 타이록신의 분비를 촉진한다. 혈중 타이록신의 농도가 높아지면 음성피드백에 의해 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)의 분비와 갑상샘자극호르몬(TSH)의 분비가 억제된다. 타이록신은 갑상샘에서 분비되므로 갑상샘을 제거한 쥐에서는 타이록신의 농도는 낮고, 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH)의 농도는 높게 유지된다. 따라서 ㉠은 타이록신이다. B에만 ⓐ를 주사한 후 B에서 ㉡의 농도는 갑상샘이 제거되지 않은 A와 같이 낮게 유지되고, C에서는 ㉡의 농도는 높게 유지되므로 ⓐ는 타이록신(㉠)이고, ㉡과 ㉢은 각각 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH) 중 하나이다.

ㄱ. 타이록신(㉠)의 분비는 음성피드백에 의해 조절된다.

바로알기 | ㄴ. 혈중 타이록신(ⓐ)의 농도가 높아지면 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH)의 분비가 억제된다.

ㄷ. ⓐ는 타이록신(㉠)이다. ㉢은 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH) 중 하나이다.

329

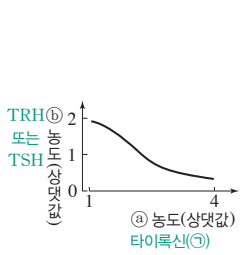


ㄱ. 옥시토신이 분비되는 ⓐ는 뇌하수체후엽이고, ⓑ는 뇌하수체전엽이다. 시상하부에서 분비되는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)(㉠)의 표적기관인 내분비샘 A는 뇌하수체전엽(ⓑ)이다.

ㄴ. 타이록신의 분비량은 음성피드백으로 조절되어 혈중 타이록신의 농도가 일정하게 유지된다.

바로알기 | ㄷ. 갑상샘자극호르몬(TSH)(㉡)의 분비가 촉진되면 타이록신의 분비가 증가하여 음성피드백에 의해 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)(㉠)의 분비가 억제된다.

330



구분	A	B	C
타이록신 ㉠	−	−	−
TRH ㉡	−	+	+
TSH ㉢	−	−	+

시상하부에 이상이 있는 환자 / 뇌하수체에 이상이 있는 환자 / 갑상샘에 이상이 있는 환자

(+: 건강한 사람보다 높음, −: 건강한 사람보다 낮음)

ⓐ가 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)이면 ⓑ는 타이록신과 갑상샘자극호르몬(TSH) 중 하나이므로, ⓐ의 농도가 높아지면 ⓑ의 농도도 높아진다. ⓐ의 농도가 높아짐에 따라 ⓑ의 농도가 낮아지므로 ⓐ는 타이록신이고, ⓑ는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH) 중 하나이다. 시상하부에 이상이 생기면 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH), 갑상샘자극호르몬(TSH), 타이록신의 농도가 모두 건강한 사람보다 낮다. 뇌하수체에 이상이 생기면 갑상샘자극호르몬(TSH), 타이록신의 농도는 건강한 사람보다 낮고, 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)의 농도는 건강한 사람보다 높다. 갑상샘에 이상이 생기면 타이록신의 농도는 건강한 사람보다 낮고, 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH)의 농도는 건강한 사람보다 높다. 따라서 A는 시상하부에 이상이 있는 환자, B는 뇌하수체에 이상이 있는 환자, C는 갑상샘에 이상이 있는 환자이고, ㉠은 타이록신, ㉡은 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH), ㉢은 갑상샘자극호르몬(TSH)이다.

ㄱ. ⓐ는 타이록신(㉠)이고, ⓑ는 갑상샘자극호르몬방출호르몬(TRH)과 갑상샘자극호르몬(TSH) 중 하나이다.

ㄴ. A는 시상하부에 이상이 있는 환자, B는 뇌하수체에 이상이 있는 환자, C는 갑상샘에 이상이 있는 환자이다.

ㄷ. 갑상샘은 갑상샘자극호르몬(TSH)(㉢)의 표적기관이며, 타이록신(㉠)을 분비한다.

14 항상성조절

빈출 자료 보기 103쪽

331 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) ○ (8) ×

331 혈당량이 높을 때 인슐린의 분비량이 증가하고, 혈당량이 낮을 때 글루카곤의 분비량이 증가하므로 ㉠은 글루카곤, ㉡은 인슐린이다. 글루카곤(㉠)은 간에서 글라이코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진하여 혈당량을 증가시키고, 인슐린(㉡)은 간에서 포도당이 글라이코젠으로 전환되는 과정을 촉진하여 혈당량을 감소시킨다. 따라서 A는 글라이코젠, B는 포도당이다.

(1) 간은 글루카곤(㉠)과 인슐린(㉡)의 표적기관이다.

(4) 글루카곤(㉠)과 인슐린(㉡)의 길항작용을 통해 혈당량을 조절한다.

(5) 인슐린(㉡)은 이자의 β세포에서 분비된다.

(6) 글루카곤(㉠)은 글라이코젠이 포도당으로 전환되는 과정을 촉진시키므로 A는 글라이코젠이고, B는 포도당이다.

(7) 운동을 하여 혈당량이 낮아지면 글루카곤(㉠)에 의해 글라이코젠(A)이 포도당(B)으로 분해되는 과정이 촉진된다.

바로알기 | (2) ㉠은 글루카곤, ㉡은 인슐린이다.

(3) 혈액에서 체세포로의 포도당 흡수를 촉진하는 것은 인슐린(㉡)이다.

(8) 혈중 인슐린(㉡)의 농도가 높아지면 포도당이 글라이코젠으로 전환되는 과정이 촉진되어 혈당량이 감소한다.

난이도별 필수 기출 104쪽~108쪽

332 ①, ② 333 ⑤ 334 ④ 335 ② 336 골격근 떨림에 의한 열 생산량 337 해설 참조 338 ④ 339 ①
340 ③ 341 ② 342 ③ 343 ② 344 ④ 345 ⑤
346 ④ 347 ⑤ 348 ① 349 소금물 350 해설 참조
351 ① 352 ③ 353 ⑤

332 ① 체온 조절의 중추는 사이뇌의 시상하부로, 추울 때 시상하부에서 저온을 감지한다.

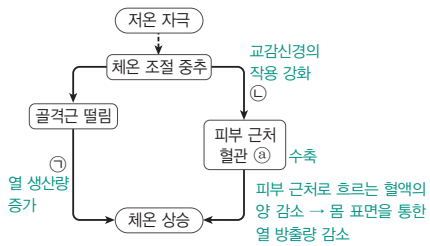
② 추울 때는 몸 떨림과 같은 근육 운동이 활발해져 열 생산량이 증가한다.

바로알기 | ③ 더울 때 땀 분비가 촉진되어 열 방출량이 증가한다.

④, ⑤ 더울 때 교감신경의 작용이 완화되어 피부 근처 혈관이 확장해 단위 시간당 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 증가하여 열 방출량이 증가한다.

⑥ 추울 때 열 방출량은 감소하고, 열 생산량은 증가하므로 $\frac{\text{열 방출량}}{\text{열 생산량}}$이 감소한다.

333



ㄱ. 체온 조절 중추인 시상하부가 저온을 감지하면 교감신경의 작용이 강화하여 피부 근처 혈관이 수축한다. 따라서 ⓐ는 수축이다.

ㄴ. 골격근이 수축하여 몸 떨림과 같은 근육 운동이 활발해지면 과정 ㉠에서 열 생산량이 증가한다.

ㄷ. 과정 ㉡에서 교감신경의 작용 강화로 피부 근처 혈관이 수축(ⓐ)하면 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 줄어들어 몸 표면을 통한 열 방출량이 감소한다.

334 (가)에서 피부 근처 혈관이 확장해 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 증가하여 열 방출량이 증가하고, (나)에서 피부 근처 혈관이 수축해 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 감소하여 열 방출량이 감소한다. 따라서 (가)는 더울 때, (나)는 추울 때 피부 근처 혈관의 변화이다.

ㄱ. 고온 자극을 받으면 피부 근처 혈관이 (가)와 같이 확장해 열 방출량이 증가한다.

ㄷ. (가)에서 피부 근처 혈관이 확장해 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 증가하고, (나)에서 피부 근처 혈관이 수축해 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 감소한다.

바로알기 | ㄴ. 교감신경의 작용이 강화되어 (나)와 같이 피부 근처 혈관이 수축한다.

335 ㄴ. 골격근 떨림(㉡)과 같은 근육 운동이 활발해지면 열 생산량이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 고온 자극이 주어질 때 교감신경의 작용 완화로 피부 근처 혈관이 확장(㉠)해 열 방출량이 증가한다.

ㄷ. 시상하부에서 감지된 온도 자극은 대뇌로 전달되어 옷을 껴입거나 옷을 벗는 등의 의식적인 행동으로 체온을 조절하기도 한다.

336 체온 조절 중추인 시상하부의 온도가 낮아지면 저온이 감지된 것이므로 골격근 떨림에 의한 열 생산량은 증가한다.

337 모범 답안 T_2일 때이다. 시상하부가 저온(T_1)을 감지하면 피부 근처 혈관이 수축하여 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 감소하고, 고온(T_2)을 감지하면 피부 근처 혈관이 이완하여 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 증가하기 때문이다.

해설 T_1은 시상하부가 저온을 감지했을 때이고 T_2는 시상하부가 고온을 감지했을 때이며, 피부 근처 혈관이 이완하면 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 증가한다.

채점 기준	배점
T_2라고 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
T_2라고만 쓴 경우	30 %

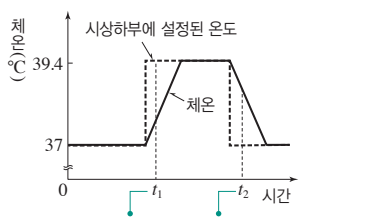
338 체온을 조절하는 중추는 사이뇌의 시상하부이다. 체온 조절 중추에 저온 자극이 주어지면 체온을 일정하게 유지하기 위해 체온이 상승하고, 고온 자극이 주어지면 체온을 일정하게 유지하기 위해 체온이 하강한다. 따라서 ㉠은 저온, ㉡은 고온이다.

ㄴ. 체온 조절 중추(ⓐ)는 사이뇌의 시상하부이다.

ㄷ. 체온 조절 중추(ⓐ)에 고온(㉡) 자극을 주면 체온을 낮추기 위해 피부 근처 혈관이 확장해 열 방출량이 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 체온 조절 중추에 저온 자극이 주어지면 체온을 일정하게 유지하기 위해 체온이 상승하므로 ㉠은 저온이다.

339



시상하부의 온도가 39.4 ℃로 설정되면 체온을 높이기 위해 체내 열 생산량은 증가하고, 열 방출량은 감소한다. 시상하부의 온도가 다시 37 ℃로 설정되면 체온을 낮추기 위해 체내 열 생산량은 감소하고, 열 방출량은 증가한다.

ㄴ. 골격근 떨림은 체온이 상승하는 t_1일 때가 체온이 하강하는 t_2일 때보다 활발하게 일어나 열 생산량이 t_1일 때가 t_2일 때보다 많다.

바로알기 | ㄱ. 땀 분비량은 체온이 상승하는 t_1일 때가 체온이 하강하는 t_2일 때보다 적다.

ㄷ. 열 생산량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 많고, 열 방출량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 적으므로, $\frac{\text{열 생산량}}{\text{열 방출량}}$은 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

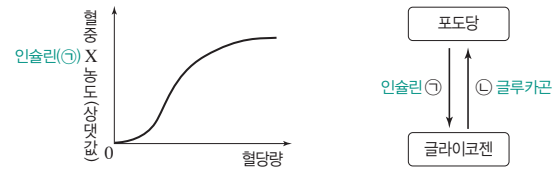
340 이자의 α세포에서 분비되는 글루카곤은 혈당량을 증가시키고, 이자의 β세포에서 분비되는 인슐린은 혈당량을 감소시킨다. (나)에서 포도당 섭취 후 혈중 농도가 감소하는 ㉡은 글루카곤이고, ㉠은 인슐린이다. 인슐린(㉠)이 분비되는 A는 β세포이고, 글루카곤(㉡)이 분비되는 B는 α세포이다.

ㄱ. A는 β세포, B는 α세포이다.

ㄷ. 혈중 인슐린(㉠)의 농도가 증가하면 간에서 포도당이 글라이코젠으로 합성되는 과정이 촉진되어 혈당량이 감소한다.

바로알기 | ㄴ. ㉠은 인슐린, ㉡은 글루카곤이다.

341



혈당량이 높아질수록 혈중 X의 농도가 높아지므로 X는 인슐린(㉠)이다.

혈당량이 정상 범위보다 높아지면 이자의 β세포에서 인슐린의 분비량이 증가하고, 인슐린은 간에서 포도당을 글라이코젠으로 합성하는 과정을 촉진시켜 혈당량을 감소시킨다. (가)에서 혈당량이 높아질수록 혈중 X의 농도가 높아지므로 X는 인슐린이다. 포도당을 글라이코젠으로 전환하는 과정을 촉진하는 ㉠은 인슐린이고, 글라이코젠을 포도당으로 전환하는 과정을 촉진하는 ㉡은 글루카곤이다.

ㄷ. 인슐린(㉠)은 혈당량을 감소시키고, 글루카곤(㉡)은 혈당량을 증가시키므로 ㉠과 ㉡은 혈당량 조절에 길항적으로 작용한다.

바로알기 | ㄱ. X는 인슐린(㉠)이다.

ㄴ. 인슐린(㉠)은 이자의 β세포에서 분비된다.

342 운동을 시작하면 포도당이 에너지원으로 사용되어 혈당량이 감소하므로 혈당량을 증가시키기 위해 글루카곤의 농도는 증가하고, 인슐린의 농도는 감소한다. 따라서 운동 시작 후 혈액 속 농도가 감소하는 A는 인슐린이고, 혈액 속 농도가 증가하는 B는 글루카곤이다.

ㄱ. 인슐린(A)은 세포로 포도당이 흡수되는 과정을 촉진시켜 혈당량을 감소시킨다.

ㄷ. 인슐린(A)과 글루카곤(B)은 모두 간에서 작용하므로 간은 인슐린(A)과 글루카곤(B)의 표적기관이다.

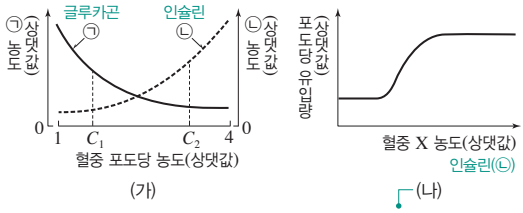
바로알기 | ㄴ. 글루카곤(B)은 간에서 글라이코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 증가시킨다.

343 식사 후에는 혈중 포도당 농도가 증가하고, 인슐린의 분비량이 증가하여 혈당량을 감소시킨다. 운동을 시작하면 혈중 포도당 농도가 감소하고, 글루카곤의 분비량이 증가하여 혈당량을 증가시킨다. ㉠이 운동 시작이면 농도가 감소하는 C가 포도당이다. 혈중 포도당 농도가 감소하면 인슐린의 분비량은 감소하고 글루카곤의 분비량은 증가해야 하는데, A와 B 모두 증가하므로 조건에 모순된다. 따라서 ㉠은 식사이며, 식사 후 혈중 포도당 농도는 증가하며, 이에 따라 인슐린의 분비량은 증가하고, 글루카곤의 분비량은 감소하므로 호르몬인 B는 인슐린이고, C는 글루카곤이며, A는 포도당이다.

ㄴ. 인슐린(B)은 이자의 β세포에서 분비된다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 식사이다.
ㄷ. A는 포도당, B는 인슐린, C는 글루카곤이다.

344



X의 농도가 증가할수록 혈액에서 체세포로의 포도당 유입량 증가 ➡ X는 혈당량을 감소시키는 인슐린(㉡)

인슐린은 혈당량이 높을 때 분비가 촉진되어 혈당량을 감소시키고, 글루카곤은 혈당량이 낮을 때 분비가 촉진되어 혈당량을 증가시킨다. 혈중 포도당 농도가 높아짐에 따라 혈중 농도가 낮아지는 ㉠은 글루카곤, 혈중 농도가 높아지는 ㉡은 인슐린이다.
ㄴ. 인슐린은 혈액에서 체세포로의 포도당 유입을 촉진시키므로 X는 인슐린(㉡)이다.
ㄷ. 글루카곤은 간에서 글라이코젠의 분해를 촉진시키므로 글라이코젠의 분해는 글루카곤의 농도가 높은 C_1에서가 글루카곤의 농도가 낮은 C_2에서보다 활발하다.
바로알기 | ㄱ. 글루카곤(㉠)은 이자에서 분비되며, 뇌하수체전엽은 글루카곤(㉠)의 분비에 관여하지 않는다.

345

건강한 사람은 탄수화물 섭취 후 ㉠ 농도가 증가하는 데 반해 X는 탄수화물 섭취 후에도 ㉠ 농도가 증가하지 않으므로 ㉠은 혈당량을 감소시키는 인슐린이며, X의 당뇨병은 ㉠이 정상적으로 생성되지 못하는 (가)이다.
ㄴ. 탄수화물 섭취 후 건강한 사람에게서 ㉠ 농도가 증가하므로 ㉠은 이자의 β세포에서 분비되어 혈당량을 감소시키는 인슐린이다.
ㄷ. t_1일 때 건강한 사람이 X보다 인슐린(㉡) 농도가 높으므로 간에 저장되는 글라이코젠의 양은 건강한 사람에서가 X에서보다 많다.
바로알기 | ㄱ. X는 건강한 사람과 달리 탄수화물 섭취 후에 인슐린 농도가 거의 증가하지 않는다. 따라서 X의 당뇨병은 (가)이다.

346

뇌하수체후엽에서 분비되는 항이뇨호르몬(ADH)은 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진시켜 삼투압을 조절한다. ㉠은 뇌하수체후엽이고, X는 항이뇨호르몬(ADH)이다.
ㄴ. 뇌하수체후엽(㉠)에서 분비되며 혈장 삼투압 조절에 관여하는 호르몬 X는 항이뇨호르몬(ADH)이다.
ㄷ. 항이뇨호르몬(ADH)(X)은 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하여 단위 시간당 오줌 생성량을 감소시킨다. 단위 시간당 오줌 생성량이 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 적으므로 항이뇨호르몬(ADH)(X)의 농도는 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 높다.
바로알기 | ㄱ. 항이뇨호르몬(ADH)(X)이 분비되는 ㉠은 뇌하수체후엽이다.

347

ㄱ. 사이뇌의 시상하부는 혈장 삼투압의 조절 중추로, 혈장 삼투압을 감지하여 항이뇨호르몬(ADH)의 분비량을 조절한다.
ㄴ. 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 증가함에 따라 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 증가하여 단위 시간당 오줌 생성량은 감소하고, 오줌 삼투압은 높아진다. 따라서 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 증가함에 따라 감소하는 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량이다.
ㄷ. 항이뇨호르몬(ADH)은 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하므로 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 높을수록 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가한다. 따라서 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 혈중 항이뇨호르몬(ADH) 농도가 높은 C_2일 때가 혈중 항이뇨호르몬(ADH) 농도가 낮은 C_1일 때보다 많다.

348

ㄱ. 뇌하수체후엽에서 분비되며, 혈장 삼투압이 높아짐에 따라 분비량이 증가하는 ㉠은 항이뇨호르몬(ADH)이다. 항이뇨호르몬(ADH)(㉠)은 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하므로 콩팥은 항이뇨호르몬(ADH)(㉡)의 표적기관이다.
바로알기 | ㄴ. 혈장 삼투압이 같을 때 (가)는 평상시보다 혈중 항이뇨호르몬(ADH)(㉡)의 농도가 낮으므로 콩팥에서 물의 재흡수량이 적다. 따라서 (가)는 혈액량이 증가했을 때이다.
ㄷ. 혈중 항이뇨호르몬(ADH)(㉡) 농도가 높을수록 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 많으므로 오줌 삼투압은 높아진다. 따라서 평상시 생성되는 오줌 삼투압은 P_1일 때가 P_2일 때보다 낮다.

349

건강한 사람이 물을 섭취하면 혈장 삼투압이 감소하고, 소금물을 섭취하면 혈장 삼투압이 증가한다. ㉠ 섭취 후 혈장 삼투압이 증가했으므로 ㉠은 소금물이다.

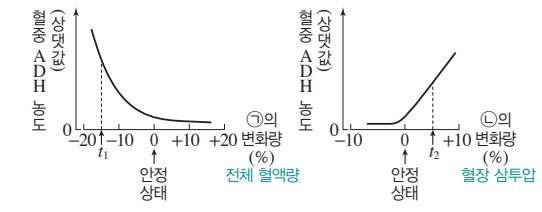
350

모범 답안 오줌 삼투압은 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮다. 항이뇨호르몬(ADH)의 분비량은 혈장 삼투압이 높은 t_2일 때가 t_1일 때보다 많으므로, 콩팥에서 재흡수되는 물의 양도 t_2일 때가 t_1일 때보다 많기 때문이다.

해설 콩팥에서 재흡수되는 물의 양은 혈장 삼투압이 높은 t_2일 때가 혈장 삼투압이 낮은 t_1일 때보다 많으므로, 오줌 삼투압은 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮다.

채점 기준	배점
항이뇨호르몬(ADH)의 분비량 변화와 작용을 포함하여 t_1일 때와 t_2일 때 오줌 삼투압을 옳게 서술한 경우	100 %
t_1일 때와 t_2일 때 오줌 삼투압만 옳게 서술한 경우	50 %

351

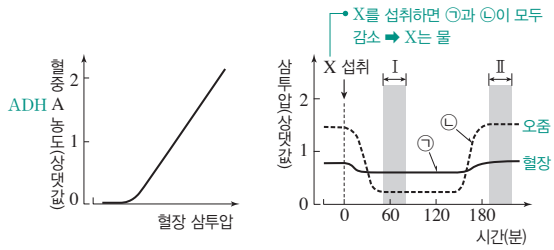


전체 혈액량이 안정 상태일 때보다 낮아지면 ADH의 분비가 촉진되어 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가한다.

혈장 삼투압이 안정 상태일 때보다 증가하면 ADH의 분비가 촉진되어 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가한다.

전체 혈액량이 감소하면 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 높아지고 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 많아져 전체 혈액량은 증가한다. 혈장 삼투압이 증가하면 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 높아지고 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 증가하여 혈장 삼투압은 감소한다. 따라서 ㉠은 전체 혈액량, ㉡은 혈장 삼투압이다.
ㄱ. 전체 혈액량이 감소할수록 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 높아지므로 ㉠은 전체 혈액량이다.
바로알기 | ㄴ. 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도는 t_1일 때가 안정 상태일 때보다 높으므로, 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 t_1일 때가 안정 상태일 때보다 많다.
ㄷ. 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도는 t_2일 때가 안정 상태일 때보다 높으므로, 콩팥에서 단위 시간당 물의 재흡수량은 t_2일 때가 안정 상태일 때보다 많아 단위 시간당 오줌 생성량은 t_2일 때가 안정 상태일 때보다 적다.

352



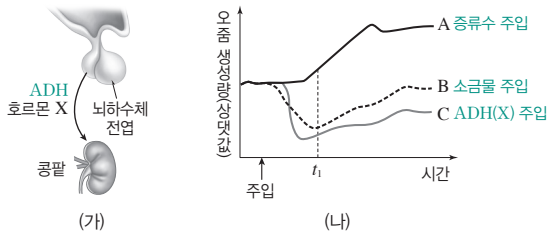
뇌하수체후엽에서 분비되며, 혈장 삼투압이 증가함에 따라 혈중 농도가 증가하는 호르몬 A는 항이뇨호르몬(ADH)이다. 물을 섭취하면 혈장 삼투압이 감소하고, 소금물을 섭취하면 혈장 삼투압이 증가하므로 X는 물이다. 물(X)을 섭취하면 혈장 삼투압이 낮아져 항이뇨호르몬(ADH)의 분비량이 감소하므로 콩팥에서 물의 재흡수량이 감소하여 단위 시간당 오줌 생성량이 증가하고 오줌 삼투압이 감소한다.

ㄱ. X 섭취 후 오줌과 혈장 삼투압이 모두 감소했으므로 X는 물이다.

ㄴ. 물(X) 섭취 후 ㉡이 ㉠보다 더 크게 감소한다. 혈장 삼투압이 감소하면 오줌을 많이 생성하여 혈장 삼투압을 증가시키며, 오줌이 많이 생성되면 오줌 삼투압이 크게 낮아진다. 따라서 ㉠은 혈장, ㉡은 오줌이다.

바로알기 | ㄷ. 혈장 삼투압이 높을수록 혈중 항이뇨호르몬(ADH)(A)의 농도가 높으므로 혈중 항이뇨호르몬(ADH)(A)의 농도는 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 낮다.

353



뇌하수체후엽에서 분비되는 호르몬 X는 항이뇨호르몬(ADH)으로, 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진한다. 따라서 C는 항이뇨호르몬(ADH)을 주입한 개체이다. 증류수를 주입하면 혈장 삼투압이 낮아지고, 항이뇨호르몬(ADH)의 분비가 억제되어 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 감소하여 단위 시간당 오줌 생성량이 증가하므로 A는 증류수를 주입한 개체이다. 소금물을 주입하면 혈장 삼투압이 높아지고, 항이뇨호르몬(ADH)의 분비가 촉진되어 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 증가하여 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하므로 B는 소금물을 주입한 개체이다.

ㄱ. A에서 증류수를 주입할 때보다 t_1일 때 단위 시간당 오줌 생성량이 많으므로 혈장 삼투압은 증류수를 주입할 때보다 t_1일 때가 낮다.

ㄴ. 단위 시간당 오줌 생성량이 증가하는 A는 증류수를 주입한 개체이고, 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하는 B는 소금물을 주입한 개체이다.

ㄷ. 혈중 항이뇨호르몬(ADH)의 농도가 높을수록 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 많아 단위 시간당 오줌 생성량이 감소한다. t_1일 때 혈중 항이뇨호르몬(ADH)(X)의 농도는 단위 시간당 오줌 생성량이 많은 A에서가 C에서보다 낮다.

최고 수준 도전 기출 109~111쪽

354 ② 355 ① 356 ⑤ 357 ④ 358 ② 359 ①
360 ③ 361 ⑤ 362 ④

354

㉠이 +20, ㉡이 −60일 경우

신경	d_2에서 측정한 막전위(mV)			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
A	+20(㉠)	+10	−80	−60(㉡)
B	−60(㉡)	+20(㉠)	+10	−65

Ⅲ일 때 막전위는 A의 d_2에서 −80 mV, B의 d_2에서 +10 mV이므로 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다. Ⅳ일 때 막전위는 A의 d_2에서 −60(㉡) mV이고, B의 d_2에서 −65 mV이다. 신경자극전도 속도가 A에서가 B에서보다 빠르므로 Ⅳ일 때 B의 d_2에서는 탈분극이 일어나고 있다. Ⅰ일 때 막전위는 A의 d_2에서 +20(㉠) mV이고, B의 d_2에서 −60(㉡) mV이다. 신경자극전도 속도가 A에서가 B에서보다 빠르므로 B의 d_2에서 탈분극이 일어나고 있다. Ⅱ일 때 B의 d_2에서의 막전위는 +20(㉠) mV이므로 경과된 시간은 Ⅰ < Ⅱ가 되어야 하므로 조건에 모순된다. 따라서 ㉠은 −60이고, ㉡은 +20이다.

신경	d_2에서 측정한 막전위(mV)			
	Ⅰ(t_3)	Ⅱ(t_2)	Ⅲ(t_4)	Ⅳ(t_1)
A	−60(㉠) (재분극)	+10 (재분극)	−80 (과분극)	+20(㉡) ?
B	+20(㉡) ?	−60(㉠) (탈분극)	+10 (재분극)	−65 (탈분극)

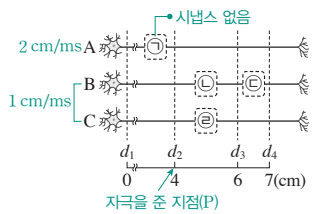
Ⅲ일 때 막전위는 A의 d_2에서 −80 mV, B의 d_2에서 +10 mV이므로 신경자극전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르고, Ⅲ은 자극을 준 후 시간이 가장 오래 경과되었을 때이므로 Ⅲ은 t_4이다. Ⅳ일 때 막전위는 A의 d_2에서 +20(㉡) mV이고, B의 d_2에서 −65 mV이다. 신경자극전도 속도가 A에서가 B에서보다 빠르므로 Ⅳ일 때 B의 d_2에서 탈분극이 일어나고 있다. B의 d_2에서 막전위는 Ⅱ일 때 −60(㉠) mV이고, Ⅳ일 때 −65 mV이므로, Ⅱ는 Ⅳ보다 더 경과된 시간이다. 따라서 경과된 시간은 Ⅳ < Ⅱ < Ⅰ < Ⅲ이며, Ⅰ은 t_3, Ⅱ는 t_2, Ⅲ은 t_4, Ⅳ는 t_1이다.

ㄴ. 경과된 시간이 Ⅱ > Ⅳ이므로 t_2(Ⅱ)일 때 A의 d_2에서 재분극이 일어나고 있다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 −60, ㉡은 +20이다.

ㄷ. Ⅰ은 t_3, Ⅱ는 t_2, Ⅲ은 t_4, Ⅳ는 t_1이다.

355



신경	5 ms일 때 막전위(mV)			
	d_1	d_2	d_3	d_4
Ⅰ C	ⓐ −60	−70	ⓒ 0	ⓒ 0
Ⅱ A	ⓑ −80	? −70	−70	?
Ⅲ B	ⓐ −60	? −70	ⓒ 0	ⓐ −60

재분극 탈분극

역치 이상의 자극을 준 지점인 P는 자극을 주고 경과된 시간이 5 ms일 때 A~C에서의 막전위가 모두 −70 mV이므로 P는 d_2이다. A가 Ⅰ 또는 Ⅲ일 경우, A의 신경전도속도가 2 cm/ms이면 ㉮일 때 A의 d_3에서의 막전위는 −70 mV가 되어야 하는데, ⓒ는 −80, −60, 0 중 하나이므로 −70이 될 수 없다. 또 A의 신경전도속도가 1 cm/ms이면, ㉠에 시냅스가 있을 경우 ⓐ는 −70이 되어야 하는데, ⓐ는 −80, −60, 0 중 하나이므로 −70이 될 수 없으므로 조건에 모순된다. 따라서 A는 Ⅱ이며, ㉠에는 시냅스가 없고 ㉡, ㉢, ㉣에는 시냅스가 있다. A(Ⅱ)의 신경자극전도 속도가 1 cm/ms이면 ㉮일 때 A의 d_3에서의 막전위는 −80 mV가 되어야 하는데, A의 d_3에서의 막전위가 −70 mV이므로 조건에 모순된다. 따라서 A(Ⅱ)의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms

이다. A의 d_2에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간이 $2\left(=\frac{4\text{ cm}}{2\text{ cm/ms}}\right)$ ms이므로 ㉮일 때 A의 d_1에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3(=5−2) ms이다. 따라서 A의 d_1에서의 막전위는 −80 mV이므로 ⓑ는 −80이다. B와 C는 각각 Ⅰ과 Ⅲ 중 하나이며, B와 C의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이다. B와 C의 d_2에서 d_1까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간이 $4\left(=\frac{4\text{ cm}}{1\text{ cm/ms}}\right)$ ms이므로 ㉮일 때 B와 C의 d_1에서 막전위 변화가 진행된 시간은 1(=5−4) ms이다. 따라서 B와 C의 d_1에서의 막전위는 −60 mV이므로 ⓐ는 −60이며, ⓒ는 0이다.

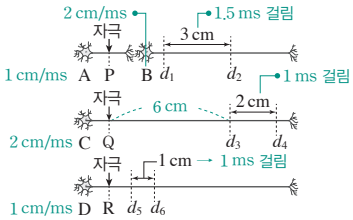
C가 Ⅲ이면, d_3과 d_4 사이의 거리가 1 cm이므로 막전위 값 시간 차이가 1 ms이어야 하는데, d_3에서의 막전위는 0(ⓒ) mV이고 d_4에서의 막전위는 −60(ⓐ) mV이며, 두 막전위 값 시간 차이는 0.5 ms 또는 1.5 ms이므로 조건에 모순된다. 따라서 C는 Ⅰ이고, B는 Ⅲ이다.

ㄱ. ⓐ는 −60, ⓑ는 −80, ⓒ는 0이다.

바로알기 | ㄴ. ㉠에는 시냅스가 없고, ㉡, ㉢, ㉣에는 시냅스가 있다.

ㄷ. ㉮일 때 C의 d_3과 d_4에서의 막전위는 모두 0(ⓒ) mV이므로, 자극을 준 지점 d_2와 더 가까운 d_3에서는 재분극이 일어나고 있고, d_4에서는 탈분극이 일어나고 있다.

356



시간	3 ms		t_1 5 ms		t_2 7 ms	
지점	d_5	d_6	㉠ d_3	㉡ d_4	㉢ d_2	㉣ d_1
막전위(mV)	ⓐ −80	−60	ⓑ +30	−60	−60	0 재분극

D의 신경자극전도 속도가 1 cm/ms이고, d_5와 d_6 사이의 거리가 1 cm이므로 신경자극이 d_5에서 d_6까지 전도되는 데 걸리는 시간은 1 $\left(=\frac{1\text{ cm}}{1\text{ cm/ms}}\right)$ ms이다. D의 막전위 변화가 (나)이므로, ⓐ가 +30일 경우 표와 같이 d_6에서의 막전위는 −60 mV가 될 수 없어 조건에 모순된다. 따라서 ⓐ는 −80, ⓑ는 +30이다.

B의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이고, d_1과 d_2 사이의 거리는 3 cm이므로 신경자극이 d_1에서 d_2까지 전도되는 데 걸리는 시간은 1.5 $\left(=\frac{3\text{ cm}}{2\text{ cm/ms}}\right)$ ms이다. B의 막전위 변화가 (가)이므로, ㉠과 ㉡이 각각 d_1과 d_2 중 하나일 경우 막전위가 +30 mV인 지점에서 신경자극이 1.5 ms 동안 전도된 지점의 막전위는 표와 같이 −60 mV가 될 수 없어 조건에 모순된다. 따라서 ㉠과 ㉡은 각각 d_3과 d_4 중 하나이고, ㉢과 ㉣은 각각 d_1과 d_2 중 하나이다. d_1에서의 막전위가 −60 mV, d_2에서의 막전위가 0 mV일 경우 d_1에서는 재분극이 일어나고 있으며, d_1에서 신경자극이 1.5 ms 동안 전도된 지점인 d_2에서의 막전위는 0 mV가 될 수 없어 조건에 모순된다. 따라서 막전위가 0 mV인 ㉣은 d_1, 막전위가 −60 mV인 ㉢은 d_2이다. C의 막전위 변화가 (나)이고, 신경자극전도 속도가 1 cm/ms(또는 2 cm/ms)일 경우 d_3과 d_4 사이의 거리는 2 cm이므로 d_3에서 d_4까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms(또는 1 ms)이다. 막전위가 +30 mV인 지점에서 신경자극이 2 ms(또는 1 ms) 동안 전도된 지점의 막전위는 −60 mV가 될 수 없어 조건에 모순된다. 따라서 C의 막전위 변화는 (가)이다. C의 신경자극전도 속도가 1 cm/ms일 경우 막전위가 +30 mV인 지점에서 신경자극이 2 ms 동안 전도된 지점의 막전위는 −60 mV가 될 수 없으므로 조건에 모순된다. 따라서 C의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이다. d_4에서의 막전위가 +30(ⓑ) mV일 경우 d_3에서의 막전위는 −80 mV이어야 하므로 조건에 모순된다. 따라서 d_3에서의 막전위는 +30(ⓑ) mV, d_4에서의 막전위는 −60 mV이며, ㉠은 d_3, ㉡은 d_4이다. ㉠이 d_3, ㉡이 d_4이므로 t_1은 5 ms이고, ㉢이 d_2, ㉣이 d_1이므로 t_2는 7 ms이다.

ㄱ. t_1은 5 ms, t_2는 7 ms이다.

ㄴ. ㉠은 d_3, ㉡은 d_4, ㉢은 d_2, ㉣은 d_1이다.

ㄷ. Q에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이 5 ms일 때 d_3에서의 막전위가 +30(ⓑ) mV이므로, Q에서 d_3까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 3(=5−2) ms이다. C의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이므로 Q와 d_3 사이의 거리는 6 cm이다.

357

교감신경이 흥분하면 심장박동이 촉진되고, 부교감신경이 흥분하면 심장박동이 억제된다. A를 자극한 후 심장의 수축력이 감소했으므로 A는 부교감신경이고, B는 교감신경이다. ⓐ의 주사량이 많을수록 심장박동 수가 증가하므로 ⓐ는 심장 세포에서 활동전위의 발생 빈도를 증가시킨다.

ㄴ. 교감신경(B)의 신경절이후 뉴런의 말단에서 분비되는 신경전달물질은 노르에피네프린이다. 노르에피네프린은 심장박동을 촉진시킨다.

ㄷ. ⓐ의 주사량이 많을수록 심장박동 수가 증가하므로 ⓐ는 심장 세포에서 활동전위의 발생 빈도를 증가시킨다.

바로알기 | ㄱ. 심장에 연결된 부교감신경(A)의 신경절이전 뉴런의 신경세포체는 숨골에 있다.

358

특징
• ㉠ 혈당량을 증가시킨다. • 부신에서 분비된다. • 순환계를 통해 표적기관으로 운반된다.

(가)

호르몬	특징의 개수
에피네프린 A	ⓐ 3
글루카곤 B	ⓑ 2
인슐린 C	1

(나)

'부신에서 분비된다.'는 에피네프린이 갖는 특징이고, '순환계를 통해 표적기관으로 운반된다.'는 인슐린, 글루카곤, 에피네프린이 갖는 특징이다. ㉠이 '혈당량을 감소시킨다.'이면 ⓐ와 ⓑ가 같으므로 조건에 모순된다. 따라서 ㉠은 '혈당량을 증가시킨다.'이고, (가)의 특징 중 1개를 갖는 C는 인슐린이다. 에피네프린은 (가)의 특징 중 3개를 갖고, 글루카곤은 2개의 특징을 가지므로 A는 에피네프린이고, B는 글루카곤이며, ⓐ는 3이고, ⓑ는 2이다.

ㄷ. ⓐ는 3, ⓑ는 2이므로 ⓐ+ⓑ=5이다.

바로알기 | ㄱ. 에피네프린(A)은 혈당량을 증가시키고, 인슐린(C)은 혈당량을 감소시킨다.

ㄴ. 글루카곤(B)은 이자의 α세포에서 분비된다.

359

	자율신경	신경절이전 뉴런의 신경세포체 위치	신경절이후 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경전달물질	연결된 기관
교감신경	A	(가) 척수	㉠ 노르에피네프린	눈
부교감신경	B	(가) 척수	㉡ 아세틸콜린	방광
부교감신경	C	(나) 뇌줄기	㉡ 아세틸콜린	심장

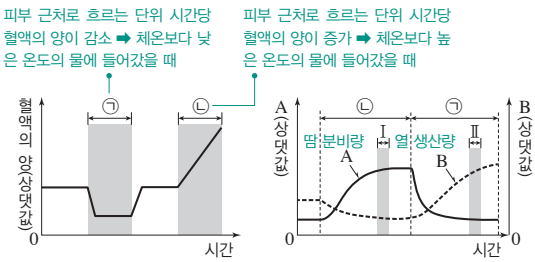
방광에 분포한 교감신경과 부교감신경의 신경절이전 뉴런의 신경세포체는 모두 척수에 있으므로 (가)는 척수이고, (나)는 뇌줄기이다. 신경절이전 뉴런의 신경세포체가 뇌줄기(나)에 위치하는 C는 부교감신경이며, 부교감신경(C)의 신경절이후 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경전달물질인 ㉡은 아세틸콜린이고, ㉠은 노르에피네프린이다. 신경절이후 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경전달물질이 아세틸콜린(㉡)인 B 또한 부교감신경이며, 신경절이후 뉴런의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경전달물질이 노르에피네프린(㉠)인 A는 교감신경이다.

ㄱ. (가)는 척수, (나)는 뇌줄기이다.

바로알기 | ㄴ. A는 교감신경, B는 부교감신경이다.

ㄷ. ㉠은 노르에피네프린, ㉡은 아세틸콜린이다.

360



체온보다 낮은 온도의 물에 들어가면 체온이 낮아지고, 피부 근처로 흐르는 단위 시간당 혈액의 양은 감소한다. 체온보다 높은 온도의 물에 들어가면 체온이 높아지고, 피부 근처로 흐르는 단위 시간당 혈액의 양은 증가한다. 따라서 ㉠은 '체온보다 낮은 온도의 물에 들어갔을 때', ㉡은 '체온보다 높은 온도의 물에 들어갔을 때'이다. 체온보다 높은 온도의 물에 들어가면 체온이 올라가므로 땀 분비량은 증가하고, 열 생산량은 감소한다. 따라서 A는 땀 분비량, B는 열 생산량이다.

ㄱ. ㉠은 '체온보다 낮은 온도의 물에 들어갔을 때', ㉡은 '체온보다 높은 온도의 물에 들어갔을 때'이다.

ㄴ. 열 방출량은 '체온보다 높은 온도의 물에 들어갔을 때(㉡)'인 구간 Ⅰ에서가 '체온보다 낮은 온도의 물에 들어갔을 때(㉠)인' 구간 Ⅱ에서보다 많다.

바로알기 | ㄷ. 시상하부가 체온보다 높은 온도를 감지하면 체온을 낮추기 위해 땀 분비량이 증가한다.

361

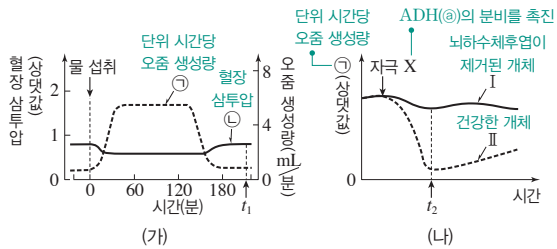
B에게 탄수화물을 섭취한 후 호르몬 ㉠을 주사하였을 때 혈중 포도당 농도가 감소했으므로 ㉠은 인슐린이고, B는 인슐린 생성에 문제가 생긴 당뇨병 환자이다. A는 인슐린을 주사해도 혈당량이 감소하지 않는 당뇨병 환자이다.

ㄱ. 인슐린(㉠)은 체세포로의 포도당 흡수를 촉진시켜 혈중 포도당 농도를 감소시킨다.

ㄴ. A는 인슐린(㉠)의 표적세포에 있는 수용체에 이상이 있어 인슐린(㉠)이 분비되어도 혈당량이 감소하지 않는 당뇨병 환자이다.

ㄷ. B는 인슐린(㉠)이 생성되지 않는 환자이다.

362



물을 섭취하면 혈장 삼투압이 낮아지고, 항이뇨호르몬(ADH)의 분비가 억제되어 콩팥에서 물의 재흡수량이 감소하여 단위 시간당 오줌 생성량은 증가하므로 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, ㉡은 혈장 삼투압이다. 자극 X를 주었을 때 Ⅱ는 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하고, Ⅰ은 Ⅱ에 비해 단위 시간당 오줌 생성량이 크게 감소하지 않았으므로 ⓐ는 항이뇨호르몬(ADH)이고, Ⅰ은 뇌하수체후엽이 제거된 개체, Ⅱ는 건강한 개체이다.

ㄴ. t_1일 때 땀을 많이 흘리면 혈장 삼투압이 높아져 항이뇨호르몬(ADH)의 분비가 촉진되고 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가하여 단위 시간당 오줌 생성량(㉠)은 감소한다.

ㄷ. t_2일 때 Ⅰ에게 항이뇨호르몬(ADH)(ⓐ)을 주사하면 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 증가하고, 단위 시간당 오줌 생성량이 감소하여 생성되는 오줌 삼투압은 증가한다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, ㉡은 혈장 삼투압이다.

15 병원체와 방어작용

빈출 자료 보기 113쪽

363 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) × (8) ○ (9) ×

363

(1), (2) 항원제시세포는 식세포작용으로 병원체 X를 분해하고 이때 생성된 항원 조각을 세포 표면에 제시한다. 이를 통해 항원제시세포는 보조 T림프구(㉠)에 X에 대한 정보를 제공한다.

(4), (5) 활성화된 세포독성 T림프구(㉡)가 병원체에 감염된 세포를 직접 제거하는 방어작용(가)은 세포성면역이다.

(6) 형질세포(㉢)에서 생성한 항체는 X의 항원과만 특이적으로 결합한다.

(8) 형질세포(㉢)가 생성한 항체가 항원항체반응으로 항원을 제거하는 방어작용(나)은 체액성면역으로, 특이적 방어작용에 해당한다.

바로알기 | (3) 보조 T림프구(㉠)와 세포독성 T림프구(㉡)는 골수에서 생성된 후 혈액을 따라 가슴샘으로 이동하여 가슴샘에서 성숙한다.

(7) 보조 T림프구(㉠)는 B림프구를 활성화시켜 형질세포(㉢)와 기억세포로의 분화를 돕는다. 형질세포(㉢)는 항체를 생성하도록 분화된 세포로, 기억세포로 분화할 수 없다.

(9) 세포성면역(가)과 체액성면역(나) 모두 후천성면역에 해당한다.

난이도별 필수 기출 114쪽~119쪽

364 ② 365 ① 366 ⑤ 367 ① 368 ④ 369 ①
370 ⑤, ⑥ 371 ② 372 ⑤ 373 ② 374 ③
375 ① 376 ②, ⑦ 377 ㉠ 라이소자임, ㉡ 위산
378 ㄱ, ㄴ, ㄷ 379 ㄴ, ㄷ 380 ③ 381 ③ 382 ①
383 ④ 384 ③ 385 ④ 386 ⑤ 387 해설 참조
388 ⑤ 389 ③

364 B. 감기는 병원체에 감염되어 발생하는 감염성질환이며, 감기의 병원체는 바이러스이다.

바로알기 | A. 당뇨병이나 고혈압은 병원체 없이 발생하는 비감염성질환으로, 타인에게 전염되지 않는다. 비감염성질환 유전적 요인이나 환경 요인 등이 복합적으로 작용하여 발생한다.

C. 무좀은 곰팡이에 의한 감염성질환이다.

365 ㄱ. 홍역의 병원체인 바이러스는 단백질 껍질에 핵산이 싸여 있는 구조로 단백질을 갖는다.

바로알기 | ㄴ. 말라리아의 병원체는 원생생물이다.

ㄷ. 낫모양적혈구빈혈증은 유전자의 돌연변이에 의해 발생하는 질병으로, 병원체에 감염되어 발생하는 질병이 아닌 비감염성질환이다.

366 ㄱ. (가)는 바이러스에 의한 질병이며, 바이러스는 자신의 효소를 갖고 있지 않아 숙주세포 밖에서 스스로 물질대사를 하지 못한다.

ㄴ, ㄷ. (나)는 곰팡이에 의한 질병이고, (다)는 원생생물에 의한 질병이다. 곰팡이와 원생생물은 모두 세포로 이루어져 있다.

367 ㄱ. 결핵, 무좀, 홍역은 감염성질환이고, 고혈압은 비감염성질환이다. 따라서 '감염성질환인가?'는 A에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 결핵의 병원체는 세균이며, 결핵과 같이 세균에 의한 질병을 치료할 때에는 주로 항생제가 사용된다. 항진균제는 무좀과 같은 곰팡이에 의한 질병을 치료할 때 사용한다.

ㄷ. 홍역의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 세포의 구조를 갖추고 있지 않으므로 세포분열을 할 수 없다.

368 ㄱ. 당뇨병의 특징은 '대사성 질환이다.'뿐이므로, 특징의 개수가 1인 A는 당뇨병이다.

ㄷ. 결핵의 특징은 '병원체에 감염되어 발생한다.', '병원체가 스스로 물질대사를 한다.', '주로 감염된 사람과 접촉하여 감염된다.'이므로, 특징의 개수가 3인 C는 결핵이다. 결핵(C)은 세균에 의한 질병으로, 항생제를 사용하여 치료한다.

바로알기 | ㄴ. 독감(B)의 특징은 '병원체에 감염되어 발생한다.'와 '주로 감염된 사람과 접촉하여 감염된다.'이므로 ㉠은 2이다.

369 ① X는 스스로 증식할 수 없지만 살아 있는 숙주세포 안에서는 증식할 수 있으며, 항생제를 처방했을 때와 달리 항바이러스제를 처방했을 때에는 체내 X의 수가 감소하였으므로 X는 바이러스이다. 병원체가 바이러스인 질병은 감기이다.

바로알기 | ②~⑤ 수면병과 아메바성 수막뇌염의 병원체는 원생생물, 콜레라와 파상풍의 병원체는 세균이다.

370 ① 세포막이 있는 (가)는 세포의 구조를 갖추고 있는 결핵의 병원체인 세균이다.

②, ③, ④ 결핵의 병원체인 세균(가)은 분열법으로 번식하며, 효소가 있어 스스로 물질대사를 할 수 있고, 세포막 바깥에 세포벽이 있다.

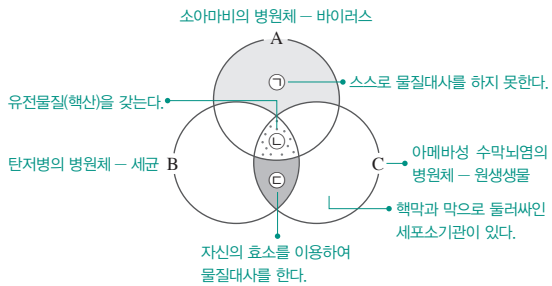
⑦ 후천성면역결핍증(AIDS)의 병원체인 바이러스(나)는 자신의 효소가 없어 숙주세포 밖에서는 스스로 물질대사를 못하므로 살아 있는 숙주세포 내에서만 증식할 수 있다.

⑧ AIDS의 병원체인 바이러스(나)는 단백질 껍질에 유전물질(RNA)이 싸여 있는 구조로 이루어져 있다.

바로알기 | ⑤ (나)는 세포의 구조를 갖추지 않으므로 AIDS의 병원체인 바이러스이다.

⑥ 다세포 진핵생물은 핵막과 막으로 둘러싸인 세포소기관을 갖는 여러 개의 세포로 이루어진 생물이다. 하지만 AIDS의 병원체인 바이러스(나)는 세포로 이루어져 있지 않으므로 다세포 진핵생물이 아니다.

371



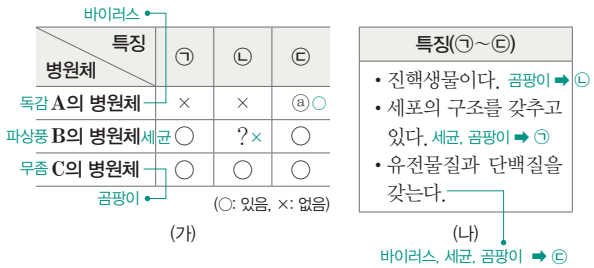
소아마비의 병원체인 A는 바이러스, 탄저병의 병원체인 B는 세균, 아메바성 수막뇌염의 병원체인 C는 원생생물이다.

ㄴ. 바이러스(A), 세균(B), 원생생물(C)은 모두 유전물질인 핵산을 가지고 있다. 따라서 '유전물질을 갖는다.'는 ㉡에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. 바이러스(A)는 자신의 효소를 갖고 있지 않아 숙주세포 밖에서 스스로 물질대사를 할 수 없다. 따라서 '자신의 효소를 이용하여 물질대사를 한다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.

ㄷ. 세균(B)은 단세포 원핵생물로, 핵막과 막으로 둘러싸인 세포소기관이 없다. 따라서 '핵막과 막으로 둘러싸인 세포소기관이 있다.'는 ㉢에 해당하지 않는다.

372



무좀의 병원체는 곰팡이, 독감의 병원체는 바이러스, 파상풍의 병원체는 세균이다. '진핵생물이다.'는 곰팡이에만 해당하므로 ㉡이며, C의 병원체는 무좀의 병원체인 곰팡이이다. '세포의 구조를 갖추고 있다.'는 곰팡이와 세균에 해당하므로 ㉠이며, B의 병원체는 파상풍의 병원체인 세균이고 ㉠에 해당하지 않는 A의 병원체는 독감의 병원체인 바이러스이다.

ㄱ. '유전물질과 단백질을 갖는다.'는 곰팡이, 세균, 바이러스의 공통적인 특징이므로, ⓐ는 '○'이다.

ㄴ. 항생제는 세균을 제거하거나 세균의 성장을 억제하여 세균에 의한 질병을 치료할 때 사용하므로, 파상풍(B)의 병원체인 세균은 항생제에 의해 죽거나 성장이 억제된다.

ㄷ. 무좀(C)의 병원체인 곰팡이는 몸이 실 모양의 균사로 이루어져 있다.

373 ① 콜레라, 세균성 식중독과 같이 음식물을 통해 감염되는 질병은 음식물을 가열한 후 섭취하여 예방할 수 있다.

③ 감기, 독감, 홍역과 같이 비말이나 공기에 의해 감염되는 질병은 외출할 때 마스크를 쓰거나 기침할 때 코와 입을 가려 감염을 예방할 수 있다.

④ 무좀과 같이 접촉에 의해 감염되는 질병은 사람과의 접촉을 피하고 비누로 손을 씻어 감염을 예방할 수 있다.
⑤ 규칙적인 운동과 충분한 휴식으로 인체의 방어 능력을 향상시키면 다양한 감염성질환을 예방할 수 있다.
바로알기 | ② 냉장고 안에서도 곰팡이나 세균 등이 증식할 수 있으므로 감염성질환을 예방하기 위해서는 냉장고에 오래 보관한 음식을 먹지 않아야 한다.

374 ㄱ. ㉢의 수면병은 체체파리를 매개로 하는 원생생물이, 말라리아는 모기를 매개로 하는 원생생물이 일으킨다. ㉢과 같이 원생생물에 의한 질병은 매개 생물을 퇴치하고 매개 생물이 번식하지 않도록 관리하여 예방할 수 있다.
ㄴ. ㉡은 주로 감염된 사람과의 접촉으로 감염되는 질병이다. 따라서 감염된 사람과의 접촉을 피하고 비누로 손을 자주 씻어 예방할 수 있다.
바로알기 | ㄷ. ㉠은 비감염성질환으로, 병원체의 감염과 관계없이 유전적 요인, 환경요인, 생활 방식 등이 복합적으로 작용하여 발생한다. 따라서 마스크를 쓰거나 입을 가려 예방할 수 없다.

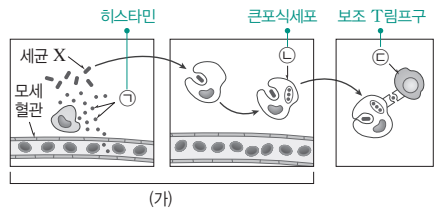
375 ②, ③ 선천성면역(가)은 태어나면서부터 가지고 있는 방어작용으로, 피부와 점막 같은 외부 방어와 염증반응과 식세포작용 같은 내부 방어가 있다.
④ 후천성면역(나)은 태어난 후 병원체에 노출되면서 발달하는 방어작용으로, 특정 병원체에 대해 선택적으로 작용하는 특이적 방어작용에 해당한다.
⑤ 후천성면역(나)은 병원체의 종류를 인식하고 반응하는 데 시간이 걸린다.
바로알기 | ① 선천성면역(가)은 병원체의 종류를 구별하지 않고 동일한 방식으로 일어나는 비특이적 방어작용에 해당한다.

376 ① 피부의 각질층은 우리 몸의 바깥쪽을 둘러싸고 있어 해로운 물질이나 병원체의 침입을 막는 물리적 장벽 역할을 한다.
③ 선천성면역은 광범위한 병원체에 대해 신속하게 반응하지만, 후천성면역은 병원체의 종류를 인식하고 반응하기까지 시간이 걸린다.
④ 선천성면역의 식세포작용은 병원체를 제거하는 동시에 병원체의 정보를 림프구에 제공하여 후천성면역이 시작되도록 한다.
⑤, ⑥ 후천성면역은 태어난 후 병원체에 노출되면서 발달하는 방어작용으로, 후천성면역에는 병원체에 감염된 세포를 직접 파괴하는 세포성면역과 체액으로 분비된 항체로 항원을 제거하는 체액성면역이 있다.
바로알기 | ② 선천성면역은 병원체의 종류와 관계없이 일어나는 비특이적 방어작용으로, 이전에 침입한 병원체를 기억하지 않는다.
⑦ 후천성면역은 침입한 특정 병원체에 대해서만 선택적으로 일어나는 특이적 방어작용이다.

377 땀, 눈물, 침에는 세균의 세포벽을 분해하는 라이소자임(㉠)이 들어 있다. 위벽에서 분비되는 위산(㉡)은 강한 산성을 띠고 있어 음식물에 섞인 병원체를 제거한다.

378 ㄱ. 상처 부위를 통해 세균이 몸속으로 침입하면 상처 부위의 비만세포에서 화학 물질인 히스타민(X)을 분비한다.
ㄴ. 염증반응이 일어나면 발열, 붉어짐, 부어오름, 통증 등의 증상이 나타난다.
ㄷ. 상처 부위로 이동한 백혈구는 병원체를 감싸서 내부로 끌어들인 뒤 효소를 이용하여 분해하는 식세포작용으로 세균을 제거한다.

379



(가)

(가)는 염증반응의 일부이며, 염증반응은 다음과 같은 과정으로 일어난다.
❶ 세균 X의 침입
❷ 상처 부위의 비만세포에서 히스타민(㉠) 분비
❸ 히스타민에 의해 모세혈관이 확장되어 혈류량과 혈관벽의 투과성 증가
❹ 큰포식세포(㉡)가 상처 부위로 이동하여 식세포작용으로 X 제거
ㄴ. ㉠은 상처 부위의 비만세포에서 분비되는 히스타민으로, 모세혈관을 확장시켜 혈류량과 혈관벽의 투과성을 증가시킨다. 이로 인해 백혈구가 상처 부위로 쉽게 이동할 수 있게 된다.
ㄷ. 큰포식세포(㉡)와 같은 항원제시세포는 식세포작용으로 병원체를 분해하여 선천성면역에 관여하고, 분해한 항원 조각을 세포 표면에 제시하여 림프구에 병원체에 대한 정보를 제공하며 후천성면역에도 관여한다.
바로알기 | ㄱ. 염증반응(가)은 병원체의 종류나 감염 경험의 유무와 관계없이 동일한 방식으로 일어나는 비특이적 방어작용이다.

380 ① 후천성면역의 세포성면역과 체액성면역은 모두 항원의 종류를 인식하여 제거하는 과정으로 특정 병원체에 대해서만 선택적으로 작용하는 특이적 방어작용이다.
② 세포성면역은 병원체에 감염된 세포를 직접 제거하는 세포독성 T림프구에 의한 방어작용이다.
④, ⑤ 활성화된 B림프구는 형질세포와 기억세포로 분화하며, 형질세포에서 분비된 항체에 의한 항원항체반응은 후천성면역에 해당한다.
바로알기 | ③ 체액성면역은 형질세포가 감염된 세포를 직접 제거하는 반응이 아닌, 형질세포가 생성한 항체를 혈액이나 림프와 같은 체액으로 분비하여 항원을 제거하는 방어작용이다.

381 ㄱ. 골수에서 생성된 후 골수에서 성숙하는 ㉠은 B림프구이고, 가슴샘(가)으로 이동하여 성숙하는 ㉡은 T림프구이다.
ㄴ. B림프구(㉠)는 보조 T림프구의 도움을 받아 활성화되어 형질세포와 기억세포로 분화한다.
바로알기 | ㄷ. B림프구(㉠)나 기억세포가 분화한 형질세포는 항체를 생성하여 분비하고, 항원항체반응을 통해 항원을 제거한다.

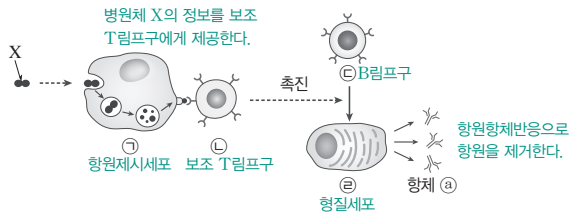
382 ㄱ. 피부의 각질층은 병원체의 종류와 관계없이 병원체가 몸속에 들어오는 것을 물리적으로 막으므로, (가)는 선천성면역에 해당한다.
ㄴ. ⓐ는 침입한 병원체를 세포 안으로 끌어들여 효소를 이용하여 분해하는 큰포식세포와 같은 항원제시세포이다. 항원제시세포에 의한 식세포작용(나)은 병원체의 종류를 구별하지 않고 일어나는 선천성면역에 해당한다.
바로알기 | ㄷ. ⓑ는 항원제시세포(ⓐ)가 제시한 항원 조각을 인식하여 활성화되는 보조 T림프구이다.
ㄹ. ⓒ는 형질세포로 분화하는 B림프구이다. 체액성면역은 형질세포가 생성한 항체에 의한 항원항체반응으로 항원을 제거하는 방어작용이므로, B림프구(ⓒ)는 체액성면역에 관여한다.

383 ㄱ. 항원제시세포(㉠)는 식세포작용으로 병원체 X를 분해한 뒤 그 항원 조각을 세포 표면에 제시하여 보조 T림프구(㉡)에 항원에 대한 정보를 제공한다.

ㄷ. 보조 T림프구(㉡)를 비롯한 T림프구는 골수에서 생성된 후 가슴샘으로 이동하여 가슴샘에서 성숙한다.

바로알기 | ㄴ. 보조 T림프구(㉡)는 항원을 인식하여 활성화된 후 세포독성 T림프구와 B림프구의 활성화를 돕는다. 활성화된 후 형질세포와 기억세포로 분화하는 림프구는 B림프구이다.

384



ㄱ. 보조 T림프구(㉡)는 항원제시세포(㉠) 표면에 제시된 X의 항원 조각을 인식하여 활성화된다.

ㄴ. 활성화된 B림프구(㉢)는 형질세포(㉣)로 분화하고, 형질세포(㉣)는 항체를 생성하여 X에 대한 체액성면역을 일으킨다.

바로알기 | ㄷ. ⓐ는 ⓐ를 형성하게 한 X의 항원과만 특이적으로 결합한다.

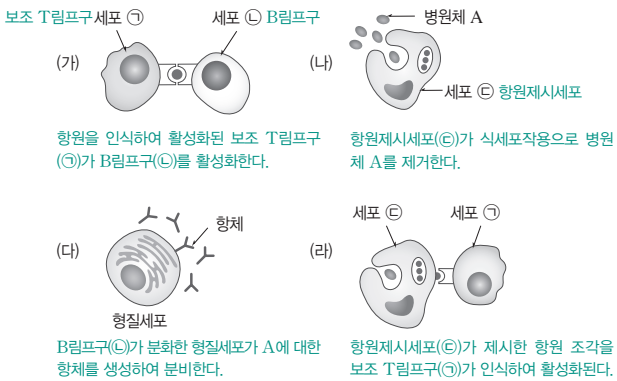
385 ㄴ. (가)에서 ㉠은 X에 감염된 세포를 직접 제거하므로 세포독성 T림프구이다. (나)에서 ㉡은 형질세포와 ㉢으로 분화하므로, ㉡은 B림프구이고, ㉢은 기억세포이다.

ㄷ. 활성화된 보조 T림프구는 B림프구(㉡)의 활성화를 도와 B림프구(㉡)의 분화를 촉진한다.

ㄹ. 기억세포(㉢)에는 X에 대한 정보가 저장되어 있어, X가 다시 침입할 때 빠르게 형질세포로 분화하여 항체를 생성한다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 세포독성 T림프구(㉠)가 관여하는 세포성면역이고 (나)는 형질세포가 관여하는 체액성면역이다.

386



ㄱ. 보조 T림프구(㉠)와 B림프구(㉡)는 모두 골수에서 생성되며, 보조 T림프구(㉠)는 가슴샘에서 성숙하고 B림프구(㉡)는 골수에서 성숙한다.

ㄴ. B림프구(㉡)는 후천성면역인 체액성면역에 관여한다.

ㄷ. 방어작용은 (나) 항원제시세포(㉢)의 식세포작용 → (라) 항원제시세포(㉢) 표면에 제시된 항원 조각을 보조 T림프구(㉠)가 인식 → (가) 활성화된 보조 T림프구(㉠)가 B림프구(㉡)를 활성화 → (다) B림프구(㉡)가 분화한 형질세포에서 항체 분비 순으로 일어난다.

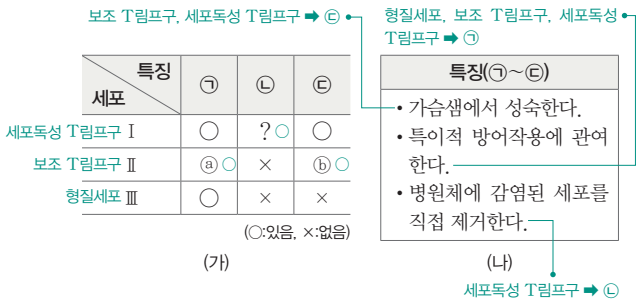
387 모범 답안 항원제시세포, 항원제시세포는 식세포작용으로 병원체를 제거하여 선천성면역에 관여하고, 동시에 병원체의 정보를 림프구에 제공하여 후천성면역을 시작하게 한다.

채점 기준	배점
㉢을 쓰고, ㉢의 역할을 주어진 요소를 모두 사용하여 옳게 서술한 경우	100 %
㉢을 쓰고, ㉢의 역할을 주어진 요소의 일부만 사용하여 옳게 서술한 경우	70 %
㉢만 쓴 경우	30 %

388 ㄱ. 형질세포는 항체를 생성하도록 분화된 세포로, 기억세포로 분화할 수 없다. 그러나 항원에 감염되었을 때 형질세포와 함께 생성된 기억세포는 동일한 항원에 다시 감염되었을 때 형질세포로 분화할 수 있다. (다)에서 X가 다시 침입했을 때 ㉠이 ㉡으로 분화하므로 ㉠은 기억세포, ㉡은 형질세포이다.

ㄴ, ㄷ. 체액성면역은 형질세포에서 생성되어 분비된 항체가 항원과 결합하여 항원을 제거하는 면역반응이다. 형질세포(㉡)에서 생성된 X에 대한 항체(ⓐ)가 X와 결합하여 X를 제거(나)하는 반응은 X에 대한 체액성면역에서 일어난다.

389



ㄱ. '가슴샘에서 성숙한다.'는 보조 T림프구, 세포독성 T림프구에 해당하는 특징이고, '특이적 방어작용에 관여한다.'는 형질세포, 보조 T림프구, 세포독성 T림프구에 모두 해당하는 특징이며, '병원체에 감염된 세포를 직접 제거한다.'는 세포독성 T림프구에만 해당하는 특징이다. 따라서 '가슴샘에서 성숙한다.'는 ㉢, '특이적 방어작용에 관여한다.'는 ㉠, '병원체에 감염된 세포를 직접 제거한다.'는 ㉡이고, Ⅰ은 세포독성 T림프구, Ⅱ는 보조 T림프구, Ⅲ은 형질세포이다.

ㄴ. 보조 T림프구(Ⅱ)는 특징 ㉠과 ㉢에 모두 해당하므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.

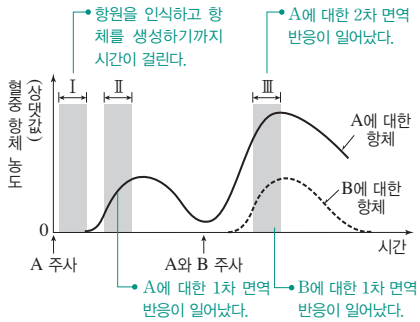
바로알기 | ㄷ. 보조 T림프구(Ⅱ)는 항체를 생성하지 않는다.

16 항원항체반응과 백신

빈출 자료 보기 121쪽

390 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) ○

390



(1) 구간 Ⅰ은 항원 A를 처음 주사한 후 항체가 만들어지기 전으로, A에 대한 식세포작용과 같은 선천성면역이 일어난다.

(2), (3) 구간 Ⅱ는 A를 처음 주사한 후 A에 대한 항체 농도가 증가하는 구간이므로, A에 대한 1차 면역반응과 체액성면역이 일어났다.

(7) 구간 Ⅲ는 A를 다시 주사한 후이며, A에 대한 항체 농도가 급격하게 증가하는 구간이므로 A에 대한 기억세포가 형질세포로 분화하는 2차 면역반응이 일어났다. 반면 B는 처음 주사한 후이므로 B에 대한 B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화하는 1차 면역반응이 일어났다. 따라서 구간 Ⅲ에서 A와 B에 대한 기억세포가 모두 존재한다.

바로알기 | (4) 구간 Ⅱ에서는 A에 대한 1차 면역반응이 일어났으므로 B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화한다. 기억세포가 형질세포로 분화하는 과정은 2차 면역반응에서 일어난다.

(5) 구간 Ⅲ에서는 항원 B를 처음 주사한 후이므로, B림프구가 분화한 형질세포에서 B에 대한 항체를 생성하는 1차 면역반응이 일어났다.

(6) 형질세포는 분화가 끝난 세포이므로, 더 이상 분화하지 않는다. 구간 Ⅲ에서는 B에 대한 B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화한다.

난이도별 필수 기출 122쪽~128쪽

391 ⑤	392 ⑤	393 ①	394 ⑤	395 ①	396 ④
397 ④	398 ③	399 해설 참조		400 ③, ⑦	
401 ①	402 ②	403 ①	404 ③	405 ②	406 ④
407 해설 참조		408 ③, ⑥		409 ③	410 ㄱ, ㄴ
411 ㄱ, ㄴ, ㄷ		412 ①	413 ③	414 ④	
415 해설 참조		416 ⑤	417 ①, ②		418 ④

391

① 항원은 체내에 침입하여 면역반응을 일으키는 물질로, 세균, 바이러스와 같은 병원체와 먼지, 꽃가루 등의 외부 물질이 있다.

②, ③, ④ 항체는 항원을 제거하기 위해 체내에서 만들어지는 단백질이며, 2개의 항원 결합 부위가 있다. 항체의 종류에 따라 항원 결합 부위의 입체 구조가 다르고, 항체는 항원 결합 부위와 입체 구조가 맞는 특정 항원과만 결합한다.

바로알기 | ⑤ 항체는 항원에 감염된 세포를 직접 제거하지 않는다. 항체는 항원과 연쇄적으로 결합한 덩어리를 만들고, 이를 통해 항원의 이동을 저해하거나 백혈구의 식세포작용이 쉽게 일어나도록 한다.

392

ㄴ. 항체는 종류에 따라 항원 결합 부위의 입체 구조가 다르며, 항원 결합 부위와 입체 구조가 맞는 특정 항원과만 결합한다. (나)에서 Y는 X의 ㉣과만 특이적으로 결합하고 있다.

ㄷ. 체액성면역은 형질세포에서 생성한 항체가 항원과 결합하여 항원을 제거하는 방어 작용이다. 따라서 X에 대한 체액성면역 과정에서 X에 대한 항체인 Y가 X의 항원과 결합하는 (나)가 일어난다.

바로알기 | ㄱ. 항체에서 항원과 결합하는 부위는 2개이므로 ㉠이다.

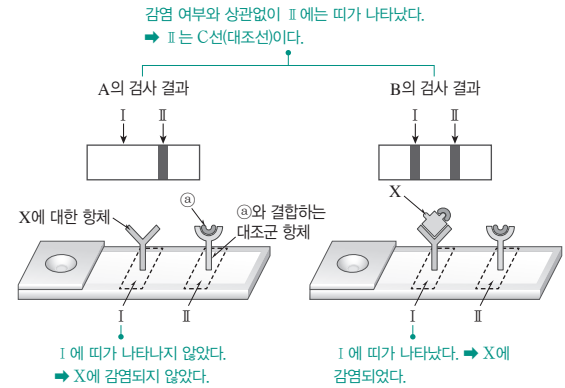
393

ㄱ. 항원 ⓐ는 X에만 있으므로 항원 ⓐ에 결합하는 항체는 X에만 결합하는 Ⅲ이다. 항원 ⓑ는 X와 Y에 모두 있으므로, 항원 ⓑ에 결합하는 항체는 X와 Y에 모두 결합하는 Ⅰ이다. 항원 ⓒ는 Y에만 있으므로 항원 ⓒ에 결합하는 항체는 Y에만 결합하는 Ⅱ이다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.

바로알기 | ㄴ. 항체는 특정 항원과만 결합하므로 항원 ⓑ에 결합하는 항체(Ⅰ)는 항원 ⓐ에 결합할 수 없다.

ㄷ. Y에는 항원 ⓑ와 ⓒ가 존재하므로, 항원 ⓑ에 결합하는 항체(Ⅰ)와 항원 ⓒ에 결합하는 항체(Ⅱ)가 Y와 결합할 수 있다.

394

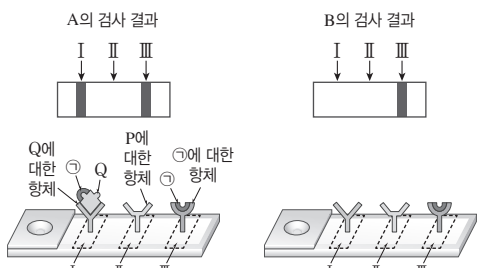


ㄴ. X의 감염과 관계없이 시료가 ⓐ와 함께 정상적으로 이동하였다면 Ⅱ에 있는 대조군 항체에 ⓐ가 결합하여 Ⅱ에 띠가 나타난다. X에 감염된 사람은 Ⅰ에 있는 X에 대한 항체에 ⓐ와 결합한 상태의 X가 결합하여 Ⅰ에서도 띠가 나타난다. 그러나 X에 감염되지 않은 사람은 Ⅰ에서 띠가 나타나지 않고, Ⅱ에서만 띠가 나타난다. 따라서 Ⅱ에서만 띠가 나타난 A는 X에 감염되지 않았고, Ⅰ과 Ⅱ에서 모두 띠가 나타난 B는 X에 감염되었다.

ㄷ. 자가진단 키트에는 X에 대한 항체와 ⓐ에 대한 항체를 이용하여 시료 속 물질이 항체와 특이적으로 결합하는 항원항체반응의 특이성이 이용된다.

바로알기 | ㄱ. C선(대조선)에 나타나는 띠는 검사가 정상적으로 진행되었는지를 확인하는 기준이다. X의 감염 여부와 상관없이 A와 B의 검사 결과에서 모두 Ⅱ에 띠가 나타났으므로 Ⅱ가 C선(대조선)이다.

395



❶ A와 B의 검사 결과에서 모두 Ⅲ에 띠가 나타났다. ➡ Ⅲ은 대조선이다.

❷ A의 검사 결과에서 Ⅰ에는 띠가 나타났고, Ⅱ에는 띠가 나타나지 않았다. ➡ A는 Q에만 감염된 사람이며, Ⅰ에는 Q에 대한 항체가 부착되어 있다.

❸ A의 검사 결과에서 Ⅰ과 Ⅱ에 모두 띠가 나타나지 않았다. ➡ B는 P와 Q에 모두 감염되지 않은 사람이며, Ⅲ에는 ㉠에 대한 항체가 부착되어 있다.

ㄱ. A는 Q에만 감염되었고, B는 P와 Q에 모두 감염되지 않았다.

바로알기 | ㄴ. Ⅰ에는 Q에 대한 항체, Ⅱ에는 P에 대한 항체, Ⅲ에는 ㉠에 대한 항체가 각각 부착되어 있다.

ㄷ. B의 Ⅲ에서 띠가 나타난 것은 Ⅲ에 부착된 ㉠에 대한 항체에 시료와 함께 이동한 ㉠이 결합하였기 때문이다. 따라서 B의 시료를 떨어뜨린 자가진단 키트에서도 항원항체반응이 일어났다.

396 P와 Q의 감염 여부와 상관없이 C선(대조선)인 Ⅲ에서는 띠가 나타난다. Q에 감염되었다면 Ⅰ에, P에 감염되었다면 Ⅱ에 띠가 나타난다. C는 P에만 감염되었으므로 Ⅱ와 Ⅲ에 모두 띠가 나타난다.

397

구분	응집원 A	응집원 B	응집소 α	응집소 β
B형(B, α) (가)	×	○	○	? ×
O형(α, β) (나)	㉠ ×	? ×	○	○
A형(A, β) (다)	? ○	×	? ×	○
AB형(A, B) (라)	? ○	○	㉡ ×	? ×

(○: 있음, ×: 없음)

❶ (가)와 (라)의 혈액에는 각각 응집원 B가 있으므로 (가)와 (라)의 혈액형은 B형과 AB형 중 각각 하나이다. (가)의 혈액에는 응집소 α가 있으므로 (가)의 혈액형은 B형이고, (라)의 혈액형은 AB형이다.

❷ (나)의 혈액에는 응집소 α와 β가 모두 있으므로 (나)의 혈액형은 O형이고, (다)의 혈액형은 A형이다.

ㄱ. (나)(O형)의 혈액에는 응집원 A가 없고, (라)(AB형)의 혈액에는 응집소 α가 없다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 '×'이다.

ㄴ. (다)(A형)의 혈구에는 응집원 A가 있다.

바로알기 | ㄷ. (나)(O형)의 혈구에는 응집원이 없고, (라)(AB형)의 혈장에는 응집소가 없다. 따라서 (나)의 혈구를 (라)의 혈장과 섞더라도 응집반응이 일어나지 않는다.

398 ㄱ, ㄴ. 항A 혈청과 섞었을 때(가)는 응집반응이 일어났고 항B 혈청과 섞었을 때(나)는 응집반응이 일어나지 않았으므로, 이 사람의 혈액형은 A형이다. 따라서 (가)에서 적혈구 표면에 있는 ㉠은 응집원 A이고, 응집원 A(㉠)와 결합하는 ㉡은 응집소 α, 응집원 A(㉠)와 결합하지 않은 ㉢은 응집소 β이다.

바로알기 | ㄷ. A형인 사람의 적혈구 표면에는 응집원 A가 있고, 혈장에는 응집소 β가 있다. 응집소 α와 β를 모두 가지는 혈액형은 O형이다.

399 모범 답안 A형, 응집소 α를 포함하는 항A 혈청과 섞었을 때는 응집반응이 일어났고 응집소 β를 포함하는 항B 혈청과 섞었을 때는 응집반응이 일어나지 않았으므로, 이 사람의 혈액에는 응집원 A는 있지만 응집원 B는 없기 때문이다.

채점 기준	배점
A형을 쓰고, 그 까닭을 혈액의 응집반응와 관련지어 응집원 A가 있고 응집원 B가 없기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
A형을 쓰고, 그 까닭을 (가)에서 응집반응이 일어났고 (나)에서 응집반응이 일어나지 않았기 때문이라고 서술한 경우	70 %
A형만 쓴 경우	30 %

400 ① 어머니의 혈액은 항A 혈청과 항B 혈청에 모두 응집되지 않으므로, 어머니의 ABO식 혈액형은 O형이고 어머니의 혈액에는 응집소 α와 β가 있다.

② 민수의 혈액은 항A 혈청에 응집되고 항B 혈청과 항Rh 혈청에는 응집되지 않으므로, 민수의 혈액형은 A형, Rh^-형이다.

④ 어머니와 여동생의 혈액은 모두 항Rh 혈청에 응집되므로, 어머니와 여동생의 혈액에는 모두 Rh 응집원이 있으며, 어머니와 여동생의 Rh식 혈액형은 Rh^+형이다.

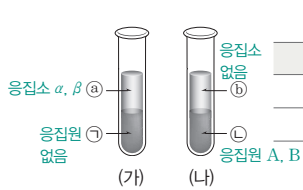
⑤, ⑥ 민수네 가족의 ABO식 혈액형은 서로 다르므로 아버지의 ABO식 혈액형은 AB형이고, 아버지의 혈구에는 응집원 A와 B가 있다. 어머니(O형)의 혈장에는 응집소 α와 β가 있으므로, 아버지의 혈구(응집원 A와 B)와 어머니의 혈장(응집소 α와 β)을 섞으면 응집반응이 일어난다.

⑧ 어머니와 여동생의 ABO식 혈액형은 다르지만 혈액을 제공하는 어머니의 응집원과 혈액을 제공받는 여동생의 응집소가 응집 반응을 일으키지 않으면 소량 수혈이 가능하다. 어머니와 여동생의 Rh식 혈액형은 같고 어머니(O형)의 혈구에는 응집원 A와 B가 없어 여동생의 혈장과 응집반응이 일어나지 않으므로 어머니는 여동생에게 소량 수혈이 가능하다.

바로알기 | ③ Rh^-형인 사람의 혈액에는 Rh 응집소가 없지만 수혈, 임신 등으로 Rh 응집원에 노출되면 Rh 응집소가 생길 수 있다. Rh^-형인 민수는 수혈받은 적이 없으므로 민수의 혈액에는 Rh 응집소가 없다.

⑦ 민수(A형, Rh^-형)의 혈구에는 응집원 A가, 여동생(B형, Rh^+형)의 혈장에는 응집소 α가 있으므로 민수의 혈구와 여동생의 혈장을 섞으면 응집반응이 일어난다.

401



구분	항A 혈청 (응집소 α 포함)	항B 혈청 (응집소 β 포함)
(가)O형	−	−
(나)AB형	+	+

(+: 응집됨, −: 응집 안 됨)

ㄱ. (가)의 혈액은 항A 혈청과 항B 혈청에 모두 응집하지 않으므로, (가)의 혈액형은 O형이다.

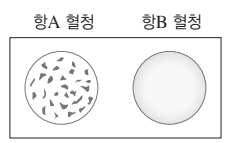
바로알기 | ㄴ. (가)(O형)의 혈장(ⓐ)에는 응집소 α와 β가 있다.

ㄷ. (나)의 혈액은 항A 혈청과 항B 혈청에 모두 응집하므로, (나)의 혈액형은 AB형이다. (가)의 혈구(㉠)에는 응집원이 없고 (나)의 혈장(ⓑ)에는 응집소가 없으므로 ㉠과 ⓑ를 섞더라도 응집반응이 일어나지 않는다.

402

혈장 \ 혈구	(가) 응집소 없음	(나) 응집소 β	(다) 응집소 α
응집원 A, B (가)	−	+	㉠ +
응집원 A (나)	? −	−	+
응집원 B (다)	㉡ −	+	−

(+: 응집됨, −: 응집 안 됨)



(나)의 혈액은 항A 혈청에만 응집되므로 (나)의 혈액형은 A형이다.

A형인 (나)의 혈구에는 응집원 A가, (나)의 혈장에는 응집소 β가 있다. (가)와 (다)의 혈구는 (나)의 혈장과 응집하는 응집원 B를 가지므로, (가)와 (다)의 혈액형은 각각 B형과 AB형 중 하나이다. AB형인 사람의 혈장에는 응집소가 없으므로 (가)~(다)의 혈구와 응집하지 않아야 한다. 따라서 혈장이 (가)~(다)의 혈구와 모두 응집하지 않는 (가)의 혈액형이 AB형이고, (다)의 혈액형은 B형이다.

ㄴ. (가)(AB형)는 응집원 A와 B를 갖고, 응집소 α와 β를 갖지 않는다.

바로알기 | ㄱ. (다)의 혈장에는 응집소 α가, (가)의 혈구에는 응집원 A와 B가 있으므로, (다)의 혈장과 (가)의 혈구를 섞으면 응집반응이 일어난다. (가)의 혈장에는 응집소가 없으므로, (다)의 혈구와 (가)의 혈장을

섞더라도 응집반응이 일어나지 않는다. 따라서 ㉠은 '+'이고, ㉡은 '−'이다.

ㄷ. ABO식 혈액형이 서로 다른 사람끼리 수혈할 때 혈액을 제공하는 사람의 응집원과 혈액을 제공받는 사람의 응집소가 응집반응을 일으키지 않는 경우 소량 수혈이 가능하다. (나)의 응집원 A는 (다)의 응집소 α와 응집하므로 (나)는 (다)에게 수혈이 불가능하다.

403 그림은 (가)의 혈액과 (나)의 혈액을 섞은 결과이므로 A형인 (나)의 적혈구에 결합한 ㉠은 응집소 α이고, (나)의 적혈구와 결합하지 않고 (가)의 적혈구에 결합한 ㉡은 응집소 β이다. (가)의 적혈구는 응집소 β(㉡)와만 결합하므로 (가)의 혈액형은 B형이다.

ㄱ. 응집소 α(㉠)와 응집하지 않는 혈액형은 B형과 O형이고, 응집소 α(㉠), 응집소 β(㉡)와 모두 응집하지 않는 혈액형은 O형이므로, B형인 사람의 수는 23−13=10이다. 따라서 이 집단에서 (가)(B형)와 혈액형이 같은 사람의 수는 10이다.

바로알기 | ㄴ. 혈액에 응집소 α(㉠)는 있고, 응집소 β(㉡)는 없는 혈액형은 B형이며, B형인 사람의 수는 10이다.

ㄷ. 혈액에 응집원 A와 응집원 B가 모두 있는 혈액형은 AB형이다. 응집소 β(㉡)와 응집하지 않는 혈액형은 A형과 O형이므로, A형인 사람의 수는 25−13=12이다. 따라서 AB형인 사람의 수는 57−12−10−13=22이다.

404 ❶ (나)의 혈액과 항A 혈청(응집소 α)을 섞었을 때 응집반응이 일어나므로 (나)에는 응집원 A가 있다. (다)의 혈구를 (나)의 혈장과 섞었을 때 응집반응이 일어나므로 (나)에는 응집소가 있다. ➡ (나)는 A형

❷ (다)의 혈구를 (나)의 혈장(응집소 β)과 섞었을 때 응집반응이 일어나므로 (다)에는 응집원 B가 있다. (다)의 혈구(응집원 B)를 (가)의 혈장과 섞었을 때 응집반응이 일어나지 않으므로 (가)에는 응집소 β가 없다. 따라서 응집원 B가 있는 (다)와 응집소 β가 없는 (가)는 각각 B형과 AB형 중 하나이다. 만약 (다)가 AB형이고 (가)가 B형이라면, (다)의 혈구(응집원 A)를 (가)의 혈장(응집소 α)과 섞었을 때 응집반응이 일어나므로 주어진 조건과 맞지 않는다. ➡ (가)는 AB형, (다)는 B형

❸ (가)는 AB형으로 응집원 A와 B가 있고, 응집소 α와 β가 없다. (나)는 A형으로 응집원 A가 있고, 응집소 β가 있다. ㉠은 (가)와 (나)에 모두 있으므로 응집원 A이고, ㉣은 (가)에 있고 (나)에 없으므로 응집원 B이다. ㉡은 (나)에 있으므로 응집소 β이고, (가)에는 없다. ㉢은 (가)에 없으므로 응집소 α이고, (나)에는 없다.

ㄱ. (가)의 혈구(응집원 A, B)를 (나)의 혈장(응집소 β)과 섞으면 응집반응이 일어난다.

ㄴ. B형인 (다)의 혈액에는 응집원 B가 있으므로, (다)의 혈액을 항B 혈청(응집소 β)과 섞으면 응집반응이 일어난다.

바로알기 | ㄷ. B형인 (다)의 혈액에는 ㉡(응집소 β)이 없다.

405

구분		학생 수
B형, AB형	㉠이 있는 학생	42
A형, AB형	㉡이 있는 학생	54
B형	㉠과 ㉢이 모두 있는 학생	24

(가)

구분	㉡ (응집원 A)	㉣ (응집소 β)
AB형 Ⅰ	ⓐ 있음	없음
B형 Ⅱ	없음	없음
A형 Ⅲ	ⓑ 있음	있음
O형 Ⅳ	없음	있음

(나)

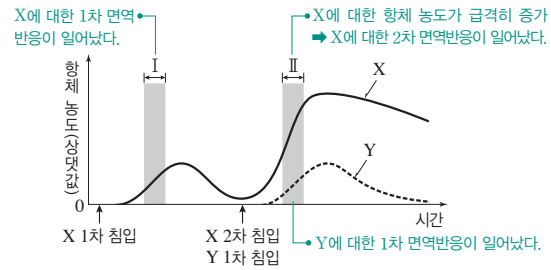
㉠은 응집원, ㉢은 응집소이므로 ㉠과 ㉢이 모두 있는 학생은 A형 또는 B형이다. 이 집단에서 A형인 학생의 수는 36이므로, ㉠과 ㉢이 모두 있는 학생은 B형이고 ㉠은 응집원 B, ㉢은 응집소 α이다. 따라서 ㉡은 응집원 A, ㉣은 응집소 β이다.

ㄴ. Ⅱ는 응집원 A(㉡)와 응집소 β(㉣)가 모두 없으므로 B형이다. Ⅳ는 응집원 A(㉡)가 없고, 응집소 β(㉣)가 있으므로 O형이다. Ⅰ은 응집소 β(㉣)가 없으므로 AB형 또는 B형인데, Ⅱ가 B형이므로 Ⅰ은 AB형이다. Ⅲ은 응집소 β(㉣)가 있으므로 A형 또는 O형인데, Ⅳ가 O형이므로 Ⅲ은 A형이다. 따라서 ⓐ와 ⓑ는 모두 '있음'이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 응집원 B이다.

ㄷ. 이 집단에서 A형+AB형=54이고, B형=24이므로 O형인 Ⅳ와 ABO식 혈액형이 같은 학생의 수는 100−54−24=22이다.

406



ㄴ. 구간 Ⅱ는 X의 2차 침입 후이므로, 기억세포가 빠르게 형질세포로 분화하고 다량의 항체를 생성하여 항체 농도가 급격히 증가하는 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다.

ㄷ. 구간 Ⅱ에서 Y에 대한 항체가 생성되어 Y에 대한 항원항체반응이 일어나므로 체액성면역이 일어났음을 알 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 구간 Ⅰ은 X의 1차 침입 후이고, 구간 Ⅱ에서보다 항체 생성 속도가 느리므로 X에 대한 1차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다.

407 모범 답안 (1) 구간 Ⅰ에서는 B림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생성하고 분비하는 1차 면역반응이 일어나 항체 생성 속도가 느리다. 반면 구간 Ⅱ에서는 1차 면역반응에서 생성된 기억세포가 형질세포로 빠르게 분화하여 다량의 항체가 생성되는 2차 면역반응이 일어나므로 ⓐ의 농도 변화는 구간 Ⅰ보다 구간 Ⅱ에서 더 크다.

(2) 구간 Ⅱ에서 항원 A에 대해서는 2차 면역반응이 일어나지만 항원 B에 대해서는 1차 면역반응이 일어나므로 ⓐ의 농도 변화가 ⓑ의 농도 변화보다 크다.

채점 기준		배점
(1)	1차 면역반응과 2차 면역반응을 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %
	1차 면역반응과 2차 면역반응 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	25 %
(2)	항원 A에 대한 2차 면역반응과 항원 B에 대한 1차 면역반응을 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %
	항원 A에 대한 2차 면역반응과 항원 B에 대한 1차 면역반응 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	25 %

408 ① (가)는 체액성면역 과정의 일부로 ㉡은 B림프구가 형질세포로 분화하는 과정이다. X가 1차 침입하면 B림프구가 형질세포로 분화(㉡)한 후 형질세포에서 항체를 생성하는 1차 면역반응이 일어난다.

② 병원체가 침입하면 백혈구의 식세포작용과 같은 비특이적 방어작용이 먼저 일어난 후 체액성면역이 일어난다. 구간 Ⅰ은 세균 X가 침입하였으나 항체가 생성되기 전으로, 비특이적 방어작용이 일어난다.

④ 구간 Ⅲ에서 X에 대한 항체가 생성되었으므로, 후천성면역인 체액성면역이 일어났다.

⑤ X의 2차 침입 후 X에 대한 항체 농도가 급격히 증가한 것을 통해 구간 Ⅲ에서 X에 대한 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다.

⑦ 구간 Ⅳ에서 항체 농도가 감소한 것은 X에 대한 항체를 생성하는 형질세포의 수가 감소하였기 때문이다.

바로알기 | ③ 기억세포가 형질세포로 분화하는 과정(㉠)은 X에 대한 2차 면역반응에서 일어난다. 구간 Ⅱ는 X가 1차 침입한 후이므로, X에 대한 1차 면역반응이 일어났다.
⑥ 형질세포에서 항체를 생성하므로 형질세포의 수가 많을수록 항체의 농도가 높다. 따라서 X에 대한 형질세포의 수는 구간 Ⅱ에서가 구간 Ⅲ에서보다 적다.

409 ㄱ. 혈장은 혈액에서 적혈구와 백혈구 등의 세포를 제거한 액체 성분으로 항체가 포함되어 있다. ⓐ를 주사한 직후 X에 대한 항체 농도가 일정 수준으로 나타났다가 점차 감소한다. 따라서 ⓐ는 X에 대한 항체(㉡)가 포함된 혈장이다.
ㄴ. 구간 Ⅰ에서는 X에 대한 1차 면역반응이 일어나 항체가 생성되었으므로, X에 대한 항원항체반응이 일어났다.
바로알기 | ㄷ. 구간 Ⅱ에서는 1차 면역반응 때 생성된 기억세포가 빠르게 형질세포로 분화하여, X에 대한 혈중 항체 농도가 급격히 증가하는 2차 면역반응이 일어났다.

410 B에서 ⓐ를 주사한 직후 X에 대한 항체 농도는 0이지만 X를 주사한 후 X에 대한 혈중 항체 농도가 급격히 증가하는 2차 면역반응이 일어났다. 따라서 B에게 주사한 ⓐ는 X에 대한 기억세포이다.
ㄱ. 구간 Ⅰ에서 X에 대한 항체가 다량으로 빠르게 생성되는 2차 면역반응이 일어났다.
ㄴ. C에게 ⓑ를 주사한 직후 X에 대한 항체 농도가 일정 수준으로 나타났다가 점차 감소한다. 따라서 ⓑ는 X에 대한 항체가 포함된 혈장이다.
바로알기 | ㄷ. 구간 Ⅱ에서 X에 대한 B림프구가 형질세포로 분화하여 1차 면역반응이 일어났다. 형질세포는 분화가 끝난 세포이므로, 더 이상 분화하지 않는다.

411 ㄱ. ⓐ를 주사했을 때 ㉠과 ㉡에 대한 면역반응이 일어났으므로 ⓐ에는 ㉠과 ㉡이 있고, ⓑ를 주사했을 때 ㉡과 ㉢에 대한 면역반응이 일어났으므로 ⓑ에는 ㉡과 ㉢이 있다. 따라서 ⓐ는 A이고, ⓑ는 B이다.
ㄴ. ⓑ를 주사했을 때는 ⓐ를 주사했을 때보다 ㉡에 대한 항체의 생성 속도가 빠르고 생성되는 항체의 농도가 높으므로 구간 Ⅱ에서 ㉡에 대한 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다. 따라서 ⓐ를 주사한 후인 구간 Ⅰ에는 1차 면역반응이 일어나 만들어진 ㉡에 대한 기억세포가 있다.
ㄷ. 구간 Ⅱ에서 ㉢에 대한 항체가 생성되었으므로 ㉢에 대한 특이적 방어작용인 체액성면역이 일어났다.

412 ㄱ. (나)에서 A에 노출된 적이 없는 Ⅱ에 죽은 A를 주사했을 때 A에 대한 항체가 생성되었으므로 A에 대한 체액성면역이 일어났음을 알 수 있다.
바로알기 | ㄴ. Ⅰ에게는 생리식염수를 주사하여 Ⅰ은 병원체에 노출된 적이 없으므로, (다)에서 Ⅳ에게 주사한 Ⅰ의 혈장(㉠)에는 B에 대한 항체가 없다.
ㄷ. (다)의 Ⅵ에게 주사한 Ⅲ의 혈장은 혈액에서 세포 성분을 제거한 액체 성분으로 B에 대한 기억세포가 들어 있지 않고 항체가 들어 있다. 따라서 (다)의 Ⅵ에서는 B에 대한 2차 면역반응이 일어나지 않았지만 항원항체반응이 일어나 Ⅵ이 살았다.

413 ㄷ. ⓑ에서 X를 주사했을 때는 ⓐ에서 X를 주사했을 때에 비해 X에 대한 항체 농도가 급격하게 증가했으므로 구간 Ⅰ에서 X에 대한 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다. 2차 면역반응에서는 1차 면역반응에서 생성된 X에 대한 기억세포가 빠르게 증식하고 형질세포로 분화하여 X에 대한 항체를 다량 생성한다.

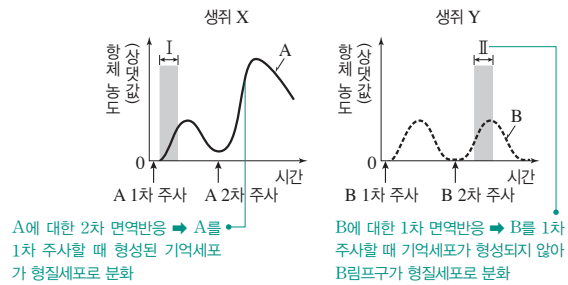
바로알기 | ㄱ. ⓑ에서는 X에 대한 2차 면역반응이 일어나므로 ⓑ는 (다)에서 기억세포를 주사한 ㉡에서 나타난 결과이다. ⓐ에서는 X와 Y 각각에 대한 1차 면역반응이 일어나므로 ⓐ는 ㉢에서 나타난 결과이다.
ㄴ. ㉡(ⓑ)에게 ㉠에서 분리한 기억세포를 주사한 후 X와 Y를 주사했을 때 X에 대해서는 2차 면역반응이, Y에 대해서는 1차 면역반응이 일어났으므로 ㉡에게 주사한 기억세포는 X에 대한 것이며, ㉠에게 주사한 항원은 X임을 알 수 있다.

414 ㄴ. (가)에서 A를 주사한 닭이 죽은 것을 통해 A는 병원성이 강하다는 것을 알 수 있다. (나)에서 닭에게 A에서 추출한 단백질(㉠)을 주사하고 10일 후 A를 주사했을 때 닭은 생존하였다. 이를 통해 A에서 추출한 단백질(㉠)이 백신으로 작용하여 (나)에서 A에 의한 질병을 예방하였음을 알 수 있다.
ㄷ. (나)에서 닭이 생존한 것은 ㉠을 주사했을 때 A에 대한 기억세포가 형성되고, 이 기억세포에 의해 A를 주사했을 때 A에 대한 2차 면역반응이 일어나 A가 효과적으로 제거되었기 때문이다.
바로알기 | ㄱ. 항진균제는 주로 곰팡이에 의한 질병을 치료할 때 사용되므로, 바이러스인 A에 의한 질병을 치료하기에는 적절하지 않다.

415 모범 답안 백신을 주사하면 1차 면역반응이 일어나 주입한 항원에 대한 기억세포가 형성된다. 이후 이 항원을 갖는 병원체에 감염되면 2차 면역반응이 일어나 다량의 항체가 빠르게 생성되어 병원체를 효과적으로 제거함으로써 질병을 예방할 수 있다.

채점 기준	배점
네 가지 요소를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
세 가지 요소만 포함하여 옳게 서술한 경우	70 %
두 가지 요소만 포함하여 옳게 서술한 경우	40 %

416



ㄱ. (다)에서 X에게 A를 1차 주사했을 때 1차 면역반응이, 2차 주사했을 때 2차 면역반응이 일어났고, (라)에서 X에게 P를 주사했을 때 X는 생존했다. 이를 통해 A는 P에 대한 백신으로 작용하여 P에 의한 질병을 예방하였음을 알 수 있다. 하지만 (다)에서 Y에게 B를 2회에 걸쳐 주사했을 때 항체 농도의 차이가 없고, (라)에서 Y에게 P를 주사했을 때 Y는 생존하지 못했다. 이를 통해 B는 P에 대한 백신으로 작용하지 못했음을 알 수 있다. 따라서 P에 대한 백신으로 A가 B보다 적합하다.
ㄴ. 구간 Ⅰ에서 A에 대한 1차 면역반응이 일어나, B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화한다. 이때 생성된 기억세포는 A를 2차 주사했을 때 형질세포로 빠르게 분화하여 다량의 항체를 생성한다.
ㄷ. 구간 Ⅱ에서 B에 대한 항체가 생성되는 특이적 방어작용이 일어났다.

417 ③ 생백신은 병원성을 약화시킨 병원체로 만든 백신으로, 효과가 비교적 확실하지만 면역력이 약한 사람이 접종받을 경우 병원체가 몸속에서 증식하면서 면역반응을 일으켜 질병을 앓을 수도 있다.
④ 사백신은 열이나 화학 약품을 처리하여 불활성 상태로 바꾼 병원체로 만든 백신으로, 효과가 약해 여러 번 접종해야 하지만 병원체가 몸속에

서 증식할 수 없어 면역력이 약한 사람에게도 안전하다.
⑤ 재조합 백신은 생명공학기술을 이용하여 생산한 항원이나 항원결정부위(항원에서 항체나 림프구의 수용체에 직접적으로 결합하는 부위)를 사용하여 만든 백신이다.
⑥ 핵산 백신은 항원의 유전정보가 담긴 핵산으로 만든 백신이며, 백신에 담긴 유전정보에 따라 체내에서 단백질이 생성되고 이를 항원으로 인식하여 면역반응이 일어난다.
⑦ 독감이나 감기와 같이 병원체의 유전정보가 계속 바뀌는 질병은 새로운 백신을 계속 개발해야 한다.

바로알기 | ① 고혈압이나 당뇨병과 같은 비감염성질환은 백신으로 예방하기 어렵다.
② 제조 방법에 따라 전 세포 불활성화 백신, 단백 백신, 다당 백신으로 나뉘는 것은 사백신이다.

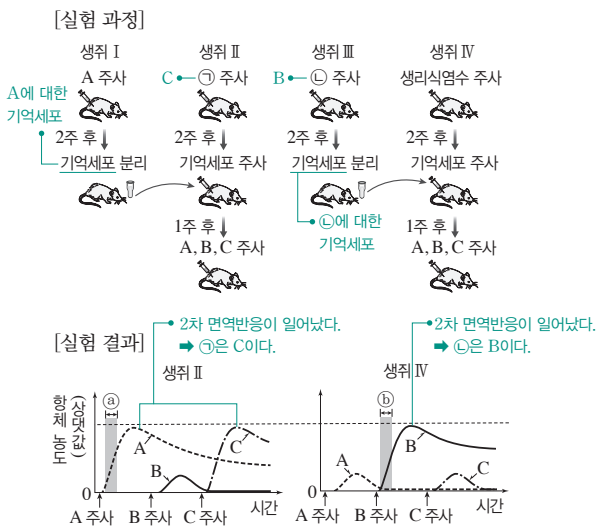
418 ㄴ. (다)에서 세균 A를 주사한 Ⅰ이 죽은 것을 통해 A는 병원성이 강하다는 것을 알 수 있다. (다)에서 Ⅲ에게 ㉡을 주사한 후 (마)에서 A를 주사했을 때 Ⅲ은 생존했다. 이는 Ⅲ에게 ㉡을 주사했을 때 B림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생성하는 1차 면역반응이 일어났고, 이때 형성된 기억세포가 A를 주사했을 때 형질세포로 분화하여 항체를 다량으로 생성하는 2차 면역반응을 일으켜 A를 효과적으로 제거했기 때문이다.
ㄷ. ㉡을 주사한 Ⅳ에서 분리한 기억세포(ⓐ)를 Ⅵ에게 주사한 후 A를 주사했을 때 Ⅵ은 생존했다. 이는 Ⅵ에 주사한 기억세포(ⓐ)가 A를 주사했을 때 형질세포로 빠르게 분화하여 A에 대한 다량의 항체를 생성하는 2차 면역반응을 일으켰기 때문이다.

바로알기 | ㄱ. (마)에서 ㉠을 주사한 Ⅱ는 A를 주사했을 때는 죽었으므로 ㉠은 A에 의한 질병을 예방하는 효과가 없다. 따라서 ㉠은 A에 대한 백신으로 사용할 수 없다. 하지만 (마)에서 ㉡을 주사한 Ⅲ과 Ⅳ에서 추출한 기억세포(ⓐ)를 주사한 Ⅵ는 A를 주사해도 생존했으므로 ㉡은 A에 의한 질병을 예방할 수 있으며 A에 대한 백신으로 사용할 수 있다.

최고 수준 도전 기출 129쪽

419 ④ 420 ③

419



ㄴ. 구간 ⓐ에서 A에 대한 항체의 농도가 급격히 증가하므로, 구간 ⓐ에서는 A에 대한 기억세포가 분화한 형질세포에서 다량의 항체를 빠르게 분비하여 항원을 효과적으로 제거하는 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다.
ㄷ. 구간 ⓑ에서 B에 대한 항체의 농도가 급격히 증가하므로 B에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

바로알기 | ㄱ. Ⅱ에서 A에 대한 2차 면역반응이, C에 대한 2차 면역반응이 일어났다. A에 대한 2차 면역반응은 A를 주사한 Ⅰ에서 얻은 기억세포에 의해 일어난 것이고, C에 대한 2차 면역반응은 Ⅱ에게 주사한 ㉠에 대한 기억세포에 의해 일어난 것이다. Ⅳ에서는 B에 대한 2차 면역반응이 일어났고, 이는 Ⅳ에게 주사한 ㉡에 대한 기억세포에 의해 일어난 것이다. 따라서 ㉠은 C이고, ㉡은 B이다.

420 ❶ 특이적 방어작용에 관여하는 B림프구는 골수에서 생성하고 성숙하지만, T림프구는 골수에서 생성된 후 가슴샘으로 이동하여 가슴샘에서 성숙한다. Ⅰ~Ⅳ은 가슴샘이 없으므로 성숙한 T림프구가 없어 특이적 방어작용이 정상적으로 일어나지 않는다.
❷ ⓐ를 감염시키고 ㉠에 대한 보조 T림프구를 주사한 Ⅲ에서 ㉠에 대한 항원항체반응이 일어나고 Ⅲ이 생존하였다. 따라서 ㉠은 ⓐ이고, ⓐ에 대한 보조 T림프구에 의해 활성화된 B림프구가 분화한 형질세포에서 항체를 생성하였다는 것을 알 수 있다.
❸ ⓐ와 ⓑ를 모두 감염시키고 ㉠에 대한 보조 T림프구를 주사한 Ⅰ에서는 ⓐ에 대한 항체가 생성되어 항원항체반응은 일어나지만 ⓑ에 대한 면역력은 없어서 생존하지 못했다.
ㄱ. ㉠은 ⓐ이다.
ㄷ. (라)의 Ⅲ에서 ⓐ에 대한 B림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생성하였다.

바로알기 | ㄴ. (라)의 Ⅰ에서 ⓐ에 대한 체액성면역은 일어났지만, ⓑ에 대한 체액성면역은 일어나지 못해 Ⅰ은 생존하지 못하고 ⓑ에 대한 감염과 그로 인한 질병으로 죽었다고 판단할 수 있다.



17 염색체와 유전자

빈출 자료 보기

131쪽

421 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

421 (가)와 (나)는 하나의 염색체를 이루는 두 염색분체이고, ㉠은 뉴클레오솜, ㉡은 DNA이다.
(3) 뉴클레오솜(㉠)은 DNA가 히스톤 단백질을 감아 형성한다.
(4) DNA(㉡)를 구성하는 당은 디옥시리보스이다.
바로알기 | (1) (가)와 (나)는 하나의 염색체를 구성하는 염색분체이다.
(2) 염색분체는 세포분열 전 DNA가 복제되어 형성된다.
(5) DNA(㉡)의 단위체는 인산 : 당 : 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 뉴클레오타이드이다.
(6) 하나의 DNA(㉡)에는 수많은 유전자가 있다.

난이도별 필수 기출

132쪽~135쪽

422 ① **423** ④ **424** ①, ⑤ **425** ③ **426** ②
427 ⑤ **428** ③, ⑤ **429** ③ **430** ③
431 해설 참조 **432** 해설 참조 **433** ④ **434** ②
435 ③ **436** ⑤ **437** ㄴ **438** ③

422 **바로알기** | ② 염색체는 세포가 분열하지 않을 때 핵 속에 실 모양으로 풀어져 있으며, 세포가 분열할 때 막대 모양으로 응축된다.
③ DNA는 수많은 뉴클레오타이드가 결합하여 형성된 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 서로 결합하여 꼬여 있는 이중나선구조이다.
④ 염색체 하나를 구성하는 DNA에는 수많은 유전자가 있다.
⑤ 사람의 체세포에는 22쌍의 상염색체와 1쌍의 성염색체가 있다.

423 A는 염색체, B는 히스톤 단백질, C는 DNA, D는 유전자이다.
바로알기 | ㄱ. A는 분열하는 세포에서 볼 수 있는 막대 모양으로 응축된 염색체이다.
ㄴ. B는 히스톤 단백질이다. 유전자는 유전물질인 DNA(C)에 있다.

424 A는 히스톤 단백질, B는 뉴클레오솜, C는 DNA, D는 동원체, ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 이루는 염색분체이다.
② B는 DNA(C)가 히스톤 단백질(A)을 감아 형성된 뉴클레오솜이다.
③ DNA(C)는 유전정보를 저장하고 있는 유전물질이다.
④ 세포가 분열할 때 동원체(D)에 방추사가 결합한다.
⑥ 하나의 염색체를 구성하는 두 염색분체인 ㉠과 ㉡은 세포분열 전 DNA가 복제되어 형성된 것이므로 유전자 구성이 같다.
바로알기 | ① 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성된다.
⑤ 염색분체(㉠과 ㉡)는 세포분열 전에 DNA가 복제되어 형성된다. 부모에게서 하나씩 물려받는 것은 상동염색체이다.

425 (가)는 염색체, (나)는 뉴클레오솜, (다)는 DNA이다.
ㄱ. DNA(다)가 히스톤 단백질을 감아 뉴클레오솜(나)을 형성하여 실에 꿰인 구슬 모양의 가닥이 되고, 이 가닥이 더 규칙적으로 꼬여 더 두꺼운 가닥의 염색체(가)가 만들어진다.
ㄴ. DNA(다)를 구성하는 단위체는 인산 : 당 : 염기=1 : 1 : 1로 결합한 뉴클레오타이드이다.
바로알기 | ㄷ. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체에 함께 있는 유전자이다. 대립유전자는 상동염색체의 같은 위치에 있다.

426 ㄷ. 사람의 체세포 1개당 염색체 수는 46($2n$)이므로, 생식세포 1개에 들어 있는 염색체 수는 23(n)이다.
바로알기 | ㄱ. 두 생물의 염색체 수가 같더라도 염색체의 크기, 모양 등의 특징이 다르면 핵형이 다르다.
ㄴ. 생물의 염색체 수는 생물의 몸집이나 복잡한 정도와 무관하다.

427 ㄱ. 대립유전자는 상동염색체의 같은 위치에 있다. ㉠과 ㉡은 상동염색체이고 ㉠에 A가 있으므로 ㉡에 a가 있다.
ㄴ. (가)는 상동염색체가 쌍으로 있으므로 핵상이 $2n$이다.
ㄷ. 모양과 크기가 다른 염색체가 쌍을 이루고 있는 ㉢과 ㉣은 성염색체 XY이다.

428 핵형분석은 생물의 핵형을 조사하는 것으로, 핵형분석을 통해 성별, 염색체 수의 이상 등을 알 수 있다.
③ 상동염색체가 쌍으로 있으므로 이 사람의 핵상과 염색체 수는 $2n=46$이다.
⑤ 이 사람은 X염색체를 2개 가지고 있으므로 아버지와 어머니에게서 각각 X염색체를 하나씩 물려받았다.
바로알기 | ① 성염색체로 XX를 가지므로 이 사람은 여자이다.
② 상동염색체가 23쌍 있다.
④ 상염색체의 수는 44이므로 상염색체의 염색분체 수는 88이다.
⑥ 핵형분석을 통해 성별, 염색체 수나 구조 이상 등은 알 수 있지만, 혈액형 같은 유전정보나 낫모양적혈구빈혈증 같은 유전자 이상에 의한 유전병 여부는 알 수 없다.

429 Q는 22쌍(44개)의 상염색체와 X염색체 한 개를 가지고 있으므로 염색체 수에 이상이 있는 유전병 환자이다.
ㄱ. (가)에 X염색체와 Y염색체가 모두 있으므로 P는 남자이다.
ㄷ. (가)에서 상염색체의 수는 44이므로, 상염색체의 염색분체 수는 88이다. (나)에는 성염색체로 X염색체 한 개만 있으므로 (나)에서 성염색체의 염색분체 수는 2이다. 따라서 $\frac{\text{(가)의 상염색체의 염색분체 수}}{\text{(나)의 성염색체의 염색분체 수}}=\frac{88}{2}$ =44이다.
바로알기 | ㄴ. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 이루는 염색분체이다.

430 ㄱ. P(나)의 성염색체 구성이 XY이므로 나머지 두 개체 (가)와 (다)의 성염색체 구성은 XX이다.
ㄴ. P의 핵형분석 결과 염색체 수가 46이므로 P는 (나)이다.
바로알기 | ㄷ. (다)의 염색체 수가 78이고 성염색체 구성이 XX이므로 (다)에서 체세포 1개당 상염색체 수는 76이고, 성염색체 수는 2이다. 따라서 (다)에서 체세포 1개당 $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{성염색체 수}}=\frac{76}{2}=38$이다.

431 **모범 답안** ㉠에는 A와 b, ㉡에는 a와 B가 있다. 하나의 염색체를 이루는 두 염색분체는 세포분열 전 DNA가 복제되어 만들어지므로 유전자 구성이 동일하기 때문이다.

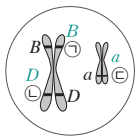
채점 기준	배점
㉠과 ㉡에 있는 대립유전자를 옳게 쓰고, 그 까닭을 염색분체의 형성 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡에 있는 대립유전자만 옳게 쓴 경우	40 %

432 모범 답안 학생 C, 한 쌍의 상동염색체에 있는 대립유전자는 같을 수도 있고, 다를 수도 있다.

채점 기준	배점
학생 C를 쓰고, 내용을 옳게 고쳐 서술한 경우	100 %
학생 C만 쓴 경우	40 %

433 ㄴ. (가)와 (나)는 각각 두 개의 염색분체로 이루어져 있다.
ㄷ. 상동염색체 중 하나는 부계에게서, 다른 하나는 모계에게서 물려받은 것이다.
바로알기 | ㄱ. 대립유전자는 상동염색체의 같은 위치에 존재하고, 이 사람의 유전자형은 $AaBb$이므로 ㉠은 a, ㉡은 b이다.

434

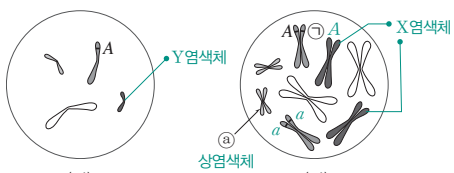


(가)

세포	DNA 상대량				
	㉠ B	㉡ D	㉢ a	A	d
(가)	4	ⓐ 2	ⓑ 2	2	2

하나의 염색체를 구성하는 두 염색분체는 유전자 구성이 같으므로 ㉠은 B, ㉡은 D, ㉢은 a이다. P의 세포 (가)에서 B(㉠)의 DNA 상대량이 4이므로 P의 유전자형은 $AaBBDd$이다.
ㄴ. P의 유전자형이 $AaBBDd$이고, (가)에서 B(㉠)의 DNA 상대량이 4이므로 (가)는 핵상이 $2n$이면서 DNA가 복제된 상태의 세포이다. 따라서 ⓐ와 ⓑ는 모두 2이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 B이다.
ㄷ. 유전자형이 $AaBBDd$인 P에서 a, b, D를 모두 갖는 생식세포는 형성되지 않는다.

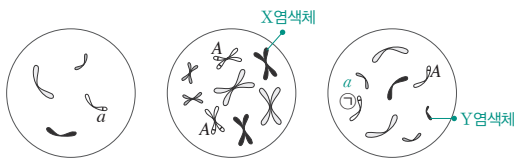
435



Ⅰ (가) XY　　Ⅱ (나) XX

(나)는 모양과 크기가 같은 네 쌍의 상동염색체가 있으므로 암컷의 세포이고, (가)는 (나)에는 없는 Y염색체가 있으므로 수컷의 세포이다.
ㄱ. 하나의 염색체를 이루는 두 개의 염색분체는 유전자 구성이 동일하므로 ㉠은 A이다.
ㄴ. Ⅰ은 수컷, Ⅱ는 암컷이다.
바로알기 | ㄷ. ⓐ는 상염색체이다.

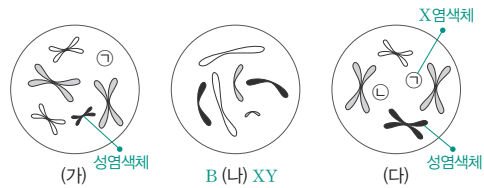
436



Ⅱ (가) XY　　Ⅰ (나) XX　　Ⅱ (다) XY

(나)는 모양과 크기가 같은 네 쌍의 상동염색체가 있으므로 암컷의 세포이다. (가)에는 a가 있고, (나)에는 A가 2개 있으므로 (가)와 (나)는 서로 다른 개체의 세포이다. (나)와 (다)의 핵상은 모두 $2n$이고, (나)와 (다)의 염색체 구성이 다르므로 (나)와 (다)는 서로 다른 개체의 세포이다. 따라서 (가)와 (다)는 수컷인 Ⅱ의 세포이고, (나)는 암컷인 Ⅰ의 세포이다.
ㄱ. (가)와 (다)가 같은 개체의 세포이므로 ㉠은 a이다.
ㄴ. Ⅱ는 성염색체로 XY를 갖는 수컷이다.
ㄷ. (나)의 상염색체 수는 6이고, (다)의 X염색체 수는 1이므로, $\frac{\text{(나)의 상염색체 수}}{\text{(다)의 X염색체 수}}=\frac{6}{1}=6$이다.

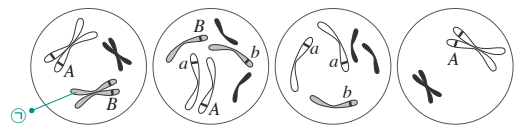
437



(가)　　B (나) XY　　(다)

(나)는 (가), (다)와 염색체의 모양과 크기가 다르므로 B의 세포이고, (가)와 (다)는 각각 A와 C의 세포 중 하나이다. ㉠은 (가)와 (다)에서 각각 크기가 다른 염색체와 쌍을 이루므로 ㉠이 성염색체, ㉡이 상염색체이다. ㉠은 성염색체 구성이 다른 (가)와 (다)에 모두 있으므로 X염색체이다. 핵상이 $2n$이고, 같은 종의 세포인 (가)와 (다)의 염색체 구성이 다르므로 A와 C는 성이 다르다.
ㄴ. A와 C 중 하나는 성염색체로 XY를 갖는 수컷이고, 나머지 하나는 XX를 갖는 암컷이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 X염색체이다.
ㄷ. (나)와 (다)는 서로 다른 종의 세포이므로 핵형이 다르다.

438



Ⅰ (가) 수컷　　Ⅱ (나) 암컷　　Ⅲ (다) 수컷　　Ⅰ (라) 수컷

Ⅰ ~ Ⅲ의 핵상과 염색체 수는 $2n=6$인데, (나)에 모양과 크기가 같은 상동염색체 3쌍이 있으므로 ㉠은 X염색체이고, (나)는 암컷의 세포이다. (다)의 염색체 수는 5이고, (라)의 염색체 수는 2이므로 (다)와 (라)에는 Y염색체가 나타나 있지 않다. 즉, (다)와 (라)는 Y염색체를 갖는 수컷의 세포이며, (다)에는 A가 없고, (라)에는 A가 있으므로 (다)와 (라)는 서로 다른 개체의 세포이다. (다)의 유전자형이 aa이고, (가)와 (라)는 A를 가지므로 (가)와 (라)는 Ⅰ의 세포이고, (다)는 Ⅲ의 세포이며, 암컷의 세포인 (나)는 Ⅱ의 세포이다.
ㄱ. ㉠은 X염색체이다.
ㄷ. (나)는 Ⅱ의 세포이다.
바로알기 | ㄴ. Ⅰ에는 대립유전자 A와 a 중 하나만 있다고 하였으므로 Ⅰ에는 A가 있고, a는 없다.

18 세포주기와 체세포분열

빈출 자료 보기 136쪽
439 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

439 ㉠은 M기(분열기), ㉡은 G_1기, ㉢은 S기이다. A는 뉴클레오솜, B는 DNA가 복제되고 응축된 염색분체 2개로 이루어진 염색체이다.
(1) 뉴클레오솜(A)은 간기와 M기(㉠)에 모두 있다.
(2) M기(㉠)의 전기에 방추사가 형성되어 염색체의 동원체에 결합한다.
(3) 간기의 세포는 핵막을 갖는다.
(5) 간기의 S기(㉢)에 DNA가 복제된다.
바로알기 | (4) 염색체는 간기에 핵 속에 실 모양으로 풀어져 있다가 M기(㉠)의 전기에 응축된다.
(6) M기(㉠)에 핵분열과 세포질분열이 일어난다.

난이도별 필수 기출 137쪽~139쪽

440 ⑤, ⑦ 441 ③ 442 ① 443 ③ 444 ⑤
445 ④, ⑥ 446 ④ 447 ④ 448 해설 참조
449 ② 450 ③ 451 ②

440 ㉠은 M기(분열기), ㉡은 G_1기, ㉢은 S기이다.
①, ②, ③ M기(㉠)의 전기에 핵막이 소실되고 방추사가 형성되며, 후기에 염색분체가 분리된다.
④ 간기에 세포가 성장한다.
⑥ 간기는 G_1기, S기, G_2기로 구분되므로 S기(㉢)는 간기에 속한다.
바로알기 | ⑤ DNA 복제는 S기(㉢)에 일어난다.
⑦ S기(㉢)에 DNA가 복제되므로 세포당 DNA양은 G_2기 세포가 G_1기(㉡) 세포의 2배이다.

441 ㉠은 M기(분열기), ㉡은 G_1기, ㉢은 G_2기이다. ⓐ는 염색분체 2개로 이루어진 염색체, ⓑ는 염색체가 풀어진 상태이다.
ㄱ. M기(㉠)에 염색체가 막대 모양으로 응축된다.
ㄷ. 간기인 G_2기(㉢)의 세포에는 핵막이 있다. M기(㉠)에 핵막의 소실과 형성이 일어난다.
바로알기 | ㄴ. 세포주기에 관계없이 세포에는 항상 히스톤 단백질이 있다.

개념 보충
세포주기별 세포의 특징
- **염색체:** 간기에는 핵 속에 실 모양으로 풀어져 있고, 분열기의 전기에 응축되었다가 말기에 풀린다.
- **핵막:** 간기의 세포에는 핵막이 있고, 분열기의 전기에 핵막이 소실되었다가 말기에 형성된다.
- **방추사:** 분열기의 전기에 형성되어 염색체의 동원체에 결합한다.

442 ㉠은 S기, ㉡은 G_2기, ㉢은 M기(분열기)이다. S기에 DNA 복제가 일어나므로 구간 Ⅰ에는 G_1기의 세포, 구간 Ⅱ에는 G_2기와 M기의 세포가 있다. 구간 Ⅲ의 세포는 체세포분열로 염색분체가 분리되어 핵 1개당 DNA 상대량이 G_1기 세포와 같다.
ㄱ. 간기의 세포는 핵막을 갖는다.
바로알기 | ㄴ. 구간 Ⅱ에서 관찰되는 세포는 DNA가 복제된 상태인 G_2기와 M기의 세포로, 핵 1개당 DNA 상대량이 G_1기 세포의 2배이다.
ㄷ. 구간 Ⅲ에는 G_2기(㉡)의 세포가 없다.

443 ㉠은 G_2기, ㉡은 중기, ㉢은 후기, ㉣은 G_1기, ㉤은 S기이다. ⓐ와 ⓑ는 하나의 염색체를 이루고 있던 두 개의 염색분체이고, ⓒ는 방추사이다.
ㄱ. (나)는 염색분체가 분리되어 양극으로 이동하는 체세포분열 후기(㉢)의 세포이다.
ㄷ. ⓐ와 ⓑ는 하나의 염색체를 구성하는 두 개의 염색분체이므로 유전자 구성이 동일하다.
바로알기 | ㄴ. 방추사(ⓒ)는 M기(분열기)의 전기에 형성된다.

444 간기인 G_1기와 G_2기의 세포에는 핵막이 있고, M기(분열기)의 중기 세포에는 핵막이 없다. 핵막이 있는 (나)와 (다) 중 DNA 상대량이 1인 (나)가 G_1기 세포이다. (가)는 M기(분열기)의 중기 세포, (다)는 G_2기 세포이다.
ㄱ. M기(분열기)의 중기에는 핵막이 소실된 상태이다.
ㄴ. S기에 DNA가 복제되므로 G_1기 세포(나)의 DNA 상대량이 1이라면 M기(분열기)의 중기 세포(가)와 G_2기 세포(다)의 DNA 상대량은 2이다.
ㄷ. (나)와 (다)의 핵상은 $2n$으로 같다. DNA가 복제될 때 핵상은 변하지 않는다.

445 구간 Ⅰ에는 G_1기의 세포, 구간 Ⅱ에는 S기의 세포, 구간 Ⅲ에는 G_2기와 M기의 세포가 있다. ⓐ는 M기의 중기 세포, ⓑ는 후기 세포이다.
④ 구간 Ⅲ에 있는 G_2기의 세포는 핵막이 있다.
⑥ G_1기의 세포가 있는 구간 Ⅰ의 세포 수가 M기의 세포가 있는 구간 Ⅲ의 세포 수보다 많다.
바로알기 | ① 구간 Ⅰ에는 G_1기의 세포가 있다.
② ⓐ는 M기의 세포가 있는 구간 Ⅲ에서 관찰된다.
③ M기의 세포가 있는 구간 Ⅲ에 염색분체가 분리되는 세포가 있다.
⑤ 세포당 DNA양은 ⓐ와 ⓑ에서 같다.

446 구간 Ⅰ에는 G_1기의 세포, 구간 Ⅱ에는 G_2기와 M기의 세포가 있다. (나)는 염색분체가 분리되어 양극으로 이동하고 있으므로 체세포분열 후기 세포이다.
ㄴ. ㉠은 분리되어 이동하는 염색분체이다. 구간 Ⅱ에는 G_2기와 M기의 세포가 있으므로, 구간 Ⅱ에서 ㉠이 관찰된다.
ㄷ. 이 동물의 유전자형이 Aa이고, ㉡은 a가 있는 염색체와 상동 관계이므로 ㉡에는 a의 대립유전자인 A가 있다.
바로알기 | ㄱ. 체세포분열 전 G_1기 세포의 핵상은 $2n$이다.

447 구간 Ⅰ에는 S기의 세포, 구간 Ⅱ에는 G_2기와 M기의 세포가 있다. ㉢ 시기의 세포가 구간 Ⅱ에서 관찰된다고 하였으므로 ㉢은 G_2기이다. 따라서 ㉠은 G_1기, ㉡은 S기이고, 세포주기의 진행 방향은 ⓑ이다.
ㄴ. 구간 Ⅰ에는 S기(㉡)의 세포가 있다.
ㄷ. 구간 Ⅱ에 있는 G_2기와 M기의 세포에는 뉴클레오솜 수십만 개가 연결되어 이루어진 염색체가 있다.
바로알기 | ㄱ. 세포주기의 진행 방향은 ⓑ이다.

448 모범 답안 (1) A: 간기, B: 전기, C: 후기, D: 중기
(2) 전기(B)에 핵막이 소실되고, 염색체가 응축된다.

채점 기준		배점
(1)	A~D에 해당하는 시기를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
	A~D 중 하나라도 틀리게 쓴 경우	0 %
(2)	핵막과 염색체의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60 %
	핵막과 염색체의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

449 구간 Ⅰ은 G_1기, 구간 Ⅱ는 S기, 구간 Ⅲ은 G_2기와 M기에 해당한다.

ㄷ. M기의 후기에 염색분체가 분리되므로, 구간 Ⅲ에서 염색분체가 분리된다.

바로알기 | ㄱ. 염색체는 M기의 전기에 응축된다.

ㄴ. 구간 Ⅱ에서 DNA 복제가 일어나 DNA양이 2배로 증가하지만, 염색체 수는 증가하지 않는다.

450 구간 Ⅰ에서 S기의 세포, 구간 Ⅱ에서 G_2기와 M기의 일부 세포, 구간 Ⅲ에서 딸핵이 형성된 이후의 세포가 관찰된다.

ㄱ. 구간 Ⅰ에 DNA가 복제되는 S기의 세포가 있다.

ㄴ. 방추사는 M기의 전기에 형성되어 동원체에 결합한다.

바로알기 | ㄷ. (나)는 M기의 중기 세포로 구간 Ⅱ에서 관찰된다.

451 구간 Ⅰ은 G_1기, 구간 Ⅱ는 딸핵이 형성된 이후에 해당한다. ㉠은 전기, ㉡은 간기, ㉢은 중기, ㉣은 후기의 세포이다.

ㄴ. 구간 Ⅰ에 있는 G_1기 세포는 핵상이 $2n$이다.

바로알기 | ㄱ. 분열기의 중기(㉢)에 염색체가 가장 많이 응축되어 있어 염색체의 특징을 뚜렷하게 관찰할 수 있다. 따라서 핵형분석에는 분열기 중기(㉢)의 세포가 주로 이용된다.

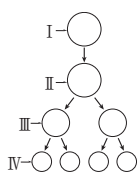
ㄷ. ㉠은 분열기의 전기 세포이므로 구간 Ⅱ에서 관찰되지 않는다.

19 생식세포의 형성과 유전적 다양성

빈출 자료 보기 141쪽

452 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○

452



세포	DNA 상대량		
	A	*B*	*D*
n (가) Ⅳ	1	0	㉠ 1
$2n$ (나) Ⅰ	2	1	㉡ 1
n (다) Ⅲ	㉢ 2	0	2
$2n$ (라) Ⅱ	㉣ 4	2	2

❶ Ⅰ은 유전자 구성이 $AABbDd$이므로 (나)이다. ➡ ㉡은 1

❷ Ⅱ는 유전자 구성이 $AAAABBbbDDdd$이므로 (라)이다. ➡ ㉣은 4

❸ D의 DNA 상대량이 2인 (다)가 Ⅲ이고, (가)는 Ⅳ이다. ➡ ㉠은 1, ㉢은 2이고, Ⅲ의 유전자 구성은 $AAbbDD$, Ⅳ의 유전자 구성은 AbD이다.

바로알기 | (3) (다)(Ⅲ)의 핵상은 n이므로 2가 염색체가 없으며, (라)(Ⅱ)에 2가 염색체가 있다.

난이도별 필수 기출 142쪽~151쪽

453 ②, ⑦ 454 ② 455 ② 456 ① 457 ④
458 ④ 459 ⑤ 460 ⑤ 461 ③ 462 ③ 463 ②
464 ③ 465 ④ 466 ④ 467 ⑤ 468 ③ 469 ②
470 ③ 471 ② 472 ③ 473 ①
474 (가) 체세포분열 (나) 감수 1분열 (다) 감수 2분열 475 해설 참조
476 ② 477 ② 478 ③ 479 ①, ③ 480 해설 참조
481 ④ 482 $\frac{1}{4}$ 483 ② 484 ⑤ 485 ④ 486 ③
487 ③ 488 ㄱ, ㄴ 489 ①, ⑤ 490 ④
491 ⑤ 492 ㄷ 493 ㄴ, ㄷ

453 **바로알기** | ① DNA 복제는 간기의 S기에 1회 일어난다.

③, ④ 감수 1분열에서는 상동염색체가 분리되어 각각 다른 딸세포로 나뉘어 들어가므로 핵상이 $2n \rightarrow n$으로 변한다.

⑤, ⑥ 감수 2분열에서는 염색분체가 분리되어 각각 다른 딸세포로 나뉘어 들어가므로 핵상이 $n \rightarrow n$으로 유지된다.

454 ㄱ. (가)에서 DNA가 복제되어 DNA양이 2배로 증가한다.

ㄷ. (다)에서 감수 1분열이 일어나 상동염색체가 분리되어 염색체 수가 반으로 감소한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서는 염색체 수와 DNA양에 변화가 없다.

ㄹ. 감수 1분열에서 접합한 상동염색체의 무작위 배열과 독립적 분리에 의해 생식세포의 염색체 조합이 다양해진다. (라)에서는 감수 2분열이 일어난다.

455 ㄴ. 감수 1분열 중기 세포인 Ⅱ의 핵상은 $2n$이고, 감수 2분열 중기 세포인 Ⅲ의 핵상은 n이며, Ⅱ와 Ⅲ에서 하나의 염색체는 염색분체 2개로 이루어져 있다.

바로알기 | ㄱ. 감수 1분열 전기와 중기에 2가 염색체가 관찰되므로 Ⅱ에서 2가 염색체가 관찰된다.

ㄷ. Ⅳ에 A가 있으면 Ⅴ에는 a가 있고, Ⅳ에 a가 있으면 Ⅴ에는 A가 있다.

456 ㄱ. (나)는 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기의 세포이다. Ⅱ는 감수 1분열 중기, Ⅲ은 감수 2분열 중기의 세포이므로 (나)는 Ⅱ이다.

바로알기 | ㄴ. Ⅱ에 해당하는 (나)의 핵상과 염색체 수는 $2n=4$이다. 따라서 Ⅲ의 핵상과 염색체 수는 $n=2$이고, 염색분체 수는 $2\times2=4$이다.

ㄷ. 세포 1개당 DNA양은 Ⅰ에서 Ⅱ가 될 때 2배로 증가하였다가 Ⅱ에서 Ⅲ이 될 때 반으로 감소하고, Ⅲ에서 Ⅳ가 될 때 다시 반으로 감소하므로 Ⅰ에서가 Ⅳ에서의 2배이다.

457 ① Ⅰ에서 두 쌍의 염색체의 모양과 크기가 같으므로 P는 성염색체로 XX를 갖는 여자이다.

② ㉠~㉢에서 염색체의 모양과 크기를 통해 ㉡으로부터 ㉠이 형성되었음을 알 수 있다. 따라서 Ⅱ는 ㉡, Ⅳ는 ㉠이다.

③ Ⅰ의 염색체 수는 46이고, ㉡(Ⅱ)의 염색체 수는 23이다. ㉡(Ⅱ)에서 염색체 하나는 염색분체 2개로 이루어져 있으므로 ㉡(Ⅱ)의 염색분체 수는 46이다.

⑤ 세포 1개당 DNA양은 Ⅱ(㉡)에서가 Ⅲ(㉢)에서의 2배이므로 $\frac{\text{㉡의 DNA양}}{\text{Ⅲ의 DNA양}}=2$이다.

바로알기 | ④ Ⅱ(㉡), Ⅲ(㉢), Ⅳ(㉠)의 핵상은 모두 n으로 같다.

458 ㄴ. Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 모두 $2n$으로 같다.
ㄷ. (나)에서 핵상과 염색체 수가 $n=4$이므로, 이 동물 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=8$이다.
바로알기 | ㄱ. Ⅰ은 DNA 복제 전이므로 간기의 G_1기 세포이고, Ⅱ는 세포질분열이 일어나기 전 중기 세포이므로 감수 1분열 중기 세포이다. (나)는 핵상이 n이며 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 2분열 중기 세포이다. 따라서 (나)는 Ⅲ이다.

459 ㄱ. (다)에서 X염색체 수가 0이므로 (다)는 Ⅱ와 Ⅲ 중 하나이고, Y염색체가 있다. 따라서 이 사람은 남성이고, (가)와 (나)에서 X염색체 수는 모두 1이다. 즉, ㉠=㉡=1이다.
ㄴ. X염색체가 1개씩 존재하는 (가)와 (나) 중 (가)는 핵상이 n이므로 (나)는 핵상이 $2n$이다. 따라서 (나)는 Ⅰ이다.
ㄷ. (다)는 핵상이 n이며 감수 2분열 중기의 세포이므로 성염색체(Y염색체)가 1개 있고, 이 염색체는 2개의 염색분체로 이루어져 있다.

460 ㄱ. 구간 Ⅰ에 DNA양이 2배로 증가하는 시기가 있으므로 DNA가 복제되는 세포(S기)가 관찰된다.
ㄴ. 2가 염색체가 있는 감수 1분열 전기와 중기 세포는 DNA양이 2배로 증가한 구간 Ⅱ에서 관찰할 수 있다.
ㄷ. 구간 Ⅲ에서 염색분체가 분리되어 2개의 딸핵이 형성되면서 DNA양이 반감된다.

461 ㉠과 ㉡은 중기의 세포이므로 ㉠은 감수 1분열 중기 세포, ㉡은 감수 2분열 중기 세포이다.
ㄱ. G_1기 세포로부터 생식세포가 형성되는 모든 시기에 뉴클레오솜이 있다.
ㄴ. 감수 1분열 중기 세포(㉠)는 DNA양이 2배로 증가한 구간 Ⅱ에서 관찰할 수 있다.
바로알기 | ㄷ. 이 동물의 감수 2분열 중기 세포(㉡)의 핵상과 염색체 수는 $n=4$이며, 중기 세포에서 염색체는 염색분체 2개로 이루어져 있으므로 ㉡의 염색분체 수는 $4\times2=8$이다.

462 ① 2가 염색체는 감수 1분열 전기와 중기에 관찰되므로, 감수 1분열 중기 세포인 ㉠에서 2가 염색체가 관찰된다.
② ㉡은 감수 1분열 후기 세포이고, 감수 1분열 후기에 염색체는 2개의 염색분체로 이루어져 있다.
④ 구간 Ⅱ에는 G_2기 세포와 감수 1분열 중인 세포가 있으므로 핵상이 $2n$인 세포가 있다.
⑤ 세포 ⓐ는 감수분열로 형성된 4개의 딸세포 중 하나이므로 DNA양이 G_1기(구간 Ⅰ) 모세포의 절반이다.
바로알기 | ③ ㉢은 4개의 딸세포가 만들어진 상태이므로 Ⅲ 시기 이후에 관찰된다.

463 ㄴ. t_1은 감수 1분열 후기, t_2는 감수 2분열 후기이다.
바로알기 | ㄱ. 상동염색체 중 하나씩만 있는 상태에서 염색분체가 분리되고 있는 (나)는 감수 2분열 후기의 세포이므로 t_2에서 관찰된다.
ㄷ. ⓐ와 ⓑ는 DNA가 복제되어 형성된 염색분체이다. 상동염색체가 부모에게서 각각 하나씩 물려받은 것이다.

464 ㉡은 감수 1분열 중기 세포, ㉡에서 염색체 수와 DNA양이 반감된 ㉠은 감수 2분열 중기 세포, ㉠에서 DNA양이 반감된 ㉢은 생식세포이다.
ㄱ, ㄴ. 감수분열은 ㉡ → ㉠ → ㉢ 순으로 일어나고, ㉡ → ㉠ 과정에서 상동염색체가 분리되며, ㉠ → ㉢ 과정에서 염색분체가 분리된다.
바로알기 | ㄷ. ㉠과 ㉡에서 모두 염색체가 염색분체 2개로 이루어져 있으므로, 세포 1개당 $\frac{\text{염색체 수}}{\text{염색분체 수}}$는 ㉠과 ㉡에서 모두 $\frac{1}{2}$로 같다.

465 Ⅰ은 G_1기 세포, Ⅱ는 감수 1분열 중기 세포, Ⅲ은 감수 2분열 중기 세포, Ⅳ는 생식세포이다. ㉠은 Ⅳ, ㉡은 Ⅱ, ㉢은 Ⅲ이다.
ㄴ. Ⅰ과 ㉡(Ⅱ)의 핵상은 모두 $2n$으로 같다.
ㄷ. $\frac{\text{DNA양}}{\text{염색체 수}}$은 Ⅱ(㉡)에서 $\frac{4}{2}$, ㉢(Ⅲ)에서 $\frac{2}{1}$이므로 서로 같다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 Ⅳ이다.

466 ㉡은 ㉠에 비해 염색체 수와 DNA양이 모두 2배이다. 감수 1분열 결과 염색체 수와 DNA양이 모두 절반으로 감소하므로 ㉡은 감수 1분열 중기 세포이고, ㉠은 감수 2분열 중기 세포이다.
ㄴ. 감수 2분열 중기 세포인 ㉠은 DNA 상대량이 a인 구간 Ⅲ에서 관찰된다.
ㄷ. 2가 염색체는 감수 1분열 전기와 중기에 관찰된다. 따라서 감수 1분열 중기 세포인 ㉡에는 2가 염색체가 있다.
바로알기 | ㄱ. DNA가 복제될 때 염색체 수는 변하지 않는다. 구간 Ⅰ과 Ⅱ의 세포는 모두 핵상이 $2n$이다.

467 표에서 세포 1개당 DNA 상대량이 1과 4가 있으므로 DNA 상대량이 1인 세포는 생식세포, 4인 세포는 G_2기 또는 감수 1분열 중기 세포이다. 따라서 (마)는 생식세포이고, DNA 상대량이 4이면서 핵막이 소실되지 않은 (가)는 G_2기 세포, (라)는 감수 1분열 중기 세포이다. 나머지 세포 중 G_1기 세포는 핵막이 있으면서 핵상이 $2n$이고, 감수 2분열 중기 세포는 핵막이 소실되었고 핵상이 n이다. 따라서 (나)는 G_1기 세포이며 ㉠은 2이고, (다)는 감수 2분열 중기 세포이며 ㉡은 2이다.
ㄱ. ㉠+㉡=2+2=4이다.
ㄴ. (가)는 G_2기 세포, (나)는 G_1기 세포로 모두 간기에 속하는 세포이다.
ㄷ. 감수 2분열 중기 세포인 (다)의 핵상은 n이다.

468 DNA 상대량은 감수 1분열 중기 세포가 G_1기 세포의 2배이고, 감수 2분열 중기 세포는 G_1기 세포와 같다. 핵상은 G_1기 세포와 감수 1분열 중기 세포에서 $2n$, 감수 2분열 중기 세포에서 n이다. 표에서 세포 1개당 DNA 상대량이 2와 4이므로 (다)는 감수 1분열 중기 세포이고, ㉡은 8이다. (가)는 염색체 수가 4이므로 핵상이 n인 감수 2분열 중기 세포이고, ㉠은 2이다. (나)는 G_1기 세포이다.
ㄱ. ㉠+㉡=2+8=10이다.
ㄷ. (다)는 감수 1분열 중기 세포이다.
바로알기 | ㄴ. (가)(감수 2분열 중기 세포)의 핵상은 n이고, (나)(G_1기 세포)의 핵상은 $2n$이다.

469 그림은 감수 2분열 중기 세포이고 핵상과 염색체 수는 $n=4$이다. 표에서 (가)와 (라)의 DNA 상대량이 각각 4와 1이므로 (가)는 감수 1분열 중기 세포이고, (라)는 생식세포이다. (나)는 감수 2분열 중기 세포, (다)는 G_1기 세포이므로 ㉢과 ㉣은 모두 2이다. (가)는 핵상이 $2n$, (나)는 핵상이 n이므로 ㉠은 8, ㉡은 4이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠(8)=㉡(4)+㉢(2)+㉣(2)이다.
ㄷ. P의 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=8$이므로, P의 체세포분열 중기 세포 1개당 염색분체 수는 $8\times2=16$이다.

470 체세포분열에서 간기의 S기에 DNA 복제가 1회 일어나고, 분열이 1회 일어난다. 그 결과 형성된 2개의 딸세포의 핵상, 염색체 수, DNA양은 DNA 복제 전 모세포와 같다. 체세포 분열은 발생과 성장,

조직의 재생 과정에서 활발하게 일어난다. 생식세포분열(감수분열)은 간기의 S기에 DNA 복제가 1회 일어나고, 분열은 연속으로 2회 일어난다. 감수 1분열 전기에 2가 염색체가 형성되며 감수분열 결과 형성된 4개의 딸세포의 핵상은 n이고, 염색체 수와 DNA양은 G_1기 모세포의 절반이다.

바로알기 | ③ 체세포분열에서는 2가 염색체를 형성하지 않고, 감수 1분열 전기에 2가 염색체를 형성한다.

471 C. 체세포분열과 감수 2분열에서 염색분체가 분리된다.

바로알기 | A. 분열 전에 DNA 복제는 체세포분열과 감수분열에서 모두 1회씩 일어난다.

B. 감수 1분열에서 상동염색체가 분리되므로 감수 1분열이 일어나면 염색체 수가 반감된다.

472 ㄱ. (가)는 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기 세포이고, (나)는 상동염색체가 쌍으로 있으면서 2가 염색체가 형성되지 않은 상태로 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 체세포분열 중기 세포이다.

ㄴ. 세포 1개당 염색체 수는 (가)에서와 (나)에서 모두 4로 같고, 염색분체 수도 (가)에서와 (나)에서 모두 8로 같다. 따라서 세포 1개당 $\frac{\text{염색체 수}}{\text{염색분체 수}}$는 (가)에서와 (나)에서가 서로 같다.

바로알기 | ㄷ. (가)의 분열 결과 형성된 딸세포의 핵상은 n이고, (나)의 분열 결과 형성된 딸세포의 핵상은 $2n$으로 핵상이 서로 다르다.

473 (가)는 핵상과 염색체 수가 $n=4$이고, (나)는 핵상과 염색체 수가 $2n=4$이다. 따라서 (가)는 B($2n=8$)의 세포이고, (나)는 A($2n=4$)의 세포이다.

ㄱ. (가)는 B의 세포이고, (나)는 A의 세포이다.

바로알기 | ㄴ. (가)의 핵상은 n이고, (나)의 핵상은 $2n$이다.

ㄷ. B의 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=8$이므로 감수 1분열 중기 세포에서 2가 염색체 수가 4이다. 감수 2분열 중기 세포에는 2가 염색체가 없다.

474 모세포와 딸세포의 핵상이 $2n$으로 같은 (가)는 체세포분열이고, n으로 같은 (다)는 감수 2분열이다. 분열 결과 핵상과 염색체 수가 반감되는 (나)는 감수 1분열이다.

475 모범 답안 (가)에서 A와 딸세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=4$로 같다. (나)에서 B의 핵상과 염색체 수는 $2n=4$이고, 딸세포의 핵상과 염색체 수는 $n=2$로 B의 절반으로 줄어든다. (다)에서 C와 딸세포의 핵상과 염색체 수는 $n=2$로 같다.

채점 기준	배점
(가)~(다)에서의 핵상과 염색체 수의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다)에서의 핵상과 염색체 수의 변화 중 하나라도 틀리게 서술한 경우	0 %

476 ㉠과 핵상이 다른 ㉢의 핵상이 $2n$이므로, ㉠은 핵상이 n인 감수 2분열 중기의 세포이고, ㉢은 체세포분열 중기의 세포이다.

ㄷ. ㉢은 핵상이 $2n$이며 염색체 1개당 염색분체 수는 2이고, ㉡은 핵상이 n이며 염색분체가 분리된 상태이므로, 세포 1개당 DNA양은 ㉢에서가 ㉡에서의 4배이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 감수 2분열 중기의 세포이다.

ㄴ. ㉡은 핵상이 n이고 ㉣은 핵상이 $2n$이므로 세포 1개당 염색체 수는 ㉡에서가 23, ㉣에서가 46이다.

477 (가)는 체세포분열에서 염색분체가 분리되면서 DNA양이 반감되는 것이고, (나)는 감수 1분열에서 상동염색체가 분리되면서 DNA양이 반감되는 것이다.

ㄷ. 상동염색체가 분리되어 형성된 구간 Ⅳ의 세포에는 2개의 염색분체로 이루어진 염색체가 있다.

바로알기 | ㄱ. 구간 Ⅰ의 세포는 핵상이 $2n$이고, 구간 Ⅳ의 세포는 핵상이 n으로 핵상이 서로 다르다.

ㄴ. 감수 1분열에서 상동염색체가 분리된다.

478 ㄱ. 감수분열로 염색체 조합이 다양한 생식세포가 형성되고, 암수 생식세포의 무작위 수정으로 자손의 유전적 다양성이 높아진다.

ㄴ. 어떤 생물집단의 유전적 다양성이 높으면 급격한 환경 변화에 적응하여 살아남는 개체가 있을 가능성이 높다.

바로알기 | ㄷ. 감수 1분열에서 접합한 상동염색체의 무작위 배열과 독립적 분리에 의해 염색체 조합이 다양한 생식세포가 형성된다.

479 ⑤ A와 B에서 감수분열(가)로 염색체 수가 체세포의 절반인 생식세포가 형성되므로 생식세포의 수정(나)으로 태어난 C는 체세포의 염색체 수와 DNA양이 A, B와 같게 유지된다.

바로알기 | ① 감수분열(가)을 통해 A에게서 만들어질 수 있는 정자의 염색체 조합은 2^{23}가지이다.

③ 체세포분열(다)로 만들어지는 딸세포의 유전자 구성은 모세포와 같다.

480 모범 답안 이 동물의 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=6$으로 $n=3$이다. 감수분열을 통해 생식세포를 만들 때 감수 1분열에서 접합한 상동염색체가 무작위로 배열되었다가 각 쌍마다 독립적으로 분리되므로 이 동물에게서 만들어질 수 있는 생식세포의 염색체 조합은 2^n가지로, 최대 $2^3=8$가지이다.

채점 기준	배점
감수 1분열에서 접합한 상동염색체의 무작위 배열과 독립적 분리를 근거로 들어 생식세포의 염색체 조합을 옳게 서술한 경우	100 %
생식세포의 염색체 조합 가짓수만 옳게 쓴 경우	40 %

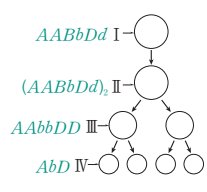
481 ㄱ. ㉠과 ㉡은 염색분체가 분리되어 형성된 것이므로 ㉠의 유전자형과 ㉡의 유전자형은 같다.

ㄴ. 유전자형이 $AaBb$일 때, ㉢과 ㉣은 상동염색체가 분리된 후 염색분체가 분리되어 형성되므로 ㉢의 유전자형이 Ab라면 ㉣의 유전자형은 aB이다.

바로알기 | ㄷ. P의 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=4$로 $n=2$이므로 만들어질 수 있는 생식세포의 염색체 조합은 최대 $2^2=4$가지이다.

482 생식세포에 A와 a 중 A가 있을 확률이 $\frac{1}{2}$이고, B와 D, b와 d 중 B와 D가 있을 확률이 $\frac{1}{2}$이다. 따라서 생식세포에 A, B, D가 모두 있을 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$이다.

483



세포	DNA 상대량		
	A	*B*	*D*
Ⅱ (가)	ⓐ 4	ⓑ 2	2
Ⅲ (나)	? 2	ⓒ 0	2
Ⅳ (다)	? 1	0	? 1
Ⅰ (라)	2	1	? 1

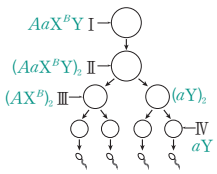
❶ 유전자형이 $AABbDd$인 Ⅰ은 (라)이다.
❷ (가)와 (나)는 D의 DNA 상대량이 2이므로 DNA가 복제되어 있는 Ⅱ와 Ⅲ 중 하나이고, (다)는 Ⅳ이다.
❸ (다)에서 B의 DNA 상대량이 0이므로 (다)(Ⅳ)의 유전자 구성은 AbD이고, Ⅲ의 유전자 구성은 $AAbbDD$이다.
❹ Ⅱ의 유전자 구성은 $AAAABBbbDDdd$, Ⅲ의 유전자 구성은 $AAbbDD$이므로, ⓐ+ⓑ+ⓒ=6이 되려면 (가)가 Ⅱ, (나)가 Ⅲ이어야 한다. ➡ ⓐ는 4, ⓑ는 2, ⓒ는 0이다.

ㄷ. $\frac{\text{(다)의 } A\text{의 DNA 상대량}}{\text{(라)의 } D\text{의 DNA 상대량}}=\frac{1}{1}=1$이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 Ⅱ이다.

ㄴ. ⓑ>ⓒ이다.

484



세포	$A+a+B+b$
Ⅲ (가)	4
Ⅳ (나)	ⓐ 1
Ⅰ (다)	ⓑ 3
Ⅱ (라)	6

▲ B와 b가 X염색체에 있고, 이 사람의 ㉮와 ㉯에 대한 유전자형이 AaX^BY라고 가정한 경우

❶ (라)에서 $A+a+B+b=6$이므로, (라)는 핵상이 $2n$이고 DNA가 복제되어 있는 Ⅱ이며, ㉮의 유전자(A와 a)와 ㉯의 유전자(B와 b) 중 하나는 상염색체에 있고, 다른 하나는 성염색체에 있다는 것을 알 수 있다.
❷ (가)에서 $A+a+B+b=4$이므로, (가)는 핵상이 n이고 DNA가 복제되어 있는 Ⅲ이다.
❸ Ⅲ이 아닌 다른 감수 2분열 중기 세포에서 $A+a+B+b=2$이므로, Ⅳ에서 $A+a+B+b=1$이다.
❹ Ⅱ에서 $A+a+B+b=6$이므로, DNA 복제 전인 Ⅰ에서 $A+a+B+b=3$이다. ⓐ가 ⓑ보다 작다고 하였으므로 ⓐ는 1, ⓑ는 3이고, (나)는 Ⅳ, (다)는 Ⅰ이다.

ㄱ. ⓐ는 1, ⓑ는 3이다.
ㄴ. (가)는 Ⅲ, (나)는 Ⅳ, (다)는 Ⅰ, (라)는 Ⅱ이다.
ㄷ. (가)(Ⅲ)의 핵상과 염색체 수는 $n=23$이고, 염색체가 2개의 염색분체로 이루어져 있으므로 (가)의 염색분체 수는 $23\times2=46$이다.

485

세포	핵상	DNA 상대량	
		A	b
㉠	?n	0 aa	2 bb
㉡	n	1 A	0 B
㉢	$2n$	1 Aa	1 Bb
㉣	?n	2 AA	0 BB

❶ ㉠과 ㉣은 중기의 세포인데 ㉠은 A가 없고, ㉣은 b가 없으므로 둘 다 핵상이 n인 감수 2분열 중기 세포이다.
❷ ㉢은 핵상이 $2n$이고 A와 b의 DNA 상대량이 각각 1이므로 DNA가 복제되기 전인 G_1기 세포이다.
❸ ㉡은 핵상이 n이고, A의 DNA 상대량이 1이므로 감수 2분열이 완료되어 형성되는 딸세포(생식세포)이다.

ㄴ. 핵상이 $2n$인 ㉢에는 a가 있다.
ㄷ. ㉣은 b가 없으므로 B가 있으며, 중기에 각 염색체는 2개의 염색분체로 이루어져 있어 B의 DNA 상대량은 2이다.

바로알기 | ㄱ. 핵상은 ㉠과 ㉡이 모두 n으로 같다.

486

❶ (가)~(다) 모두 일부 대립유전자가 없으므로 핵상이 n이다.
❷ 핵상이 n인 세포에 함께 있는 ㉠과 ㉣, ㉡과 ㉣은 대립유전자 관계가 아니다. 따라서 ㉠은 ㉢과, ㉡은 ㉣과 각각 대립유전자이다.
❸ (가)에 ㉡과 ㉣이 모두 없고 P에 ㉠과 ㉢이 모두 있으므로, ㉠과 ㉢은 상염색체에 있고, ㉡과 ㉣은 성염색체에 있다.

ㄱ. ㉠과 ㉢은 상염색체에 있고, ㉡과 ㉣은 성염색체에 있다.
ㄴ. (가)~(다)의 핵상은 모두 n으로 같다.

바로알기 | ㄷ. (가)~(다)는 모두 감수 2분열 중기 세포이다. 따라서 (가)~(다) 중 두 세포의 대립유전자를 합쳤을 때 ㉠, ㉢, ㉣이 모두 있고, 두 세포가 각각 서로 다른 성염색체를 가지고 있어야 하나의 G_1기 세포로부터 형성된 것이다. Ⅰ로부터 (가)와 (다)가 형성되었고, Ⅱ로부터 (나)가 형성되었다.

487

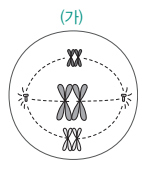
세포	핵상	DNA 상대량			
		A 상	a 상	B 성	b 성
(가)	? $2n$	ⓐ 2	? 2	2	? 0
(나)	? n	0	ⓑ 2	2	? 0
(다)	$2n$	? 1	1	? 1	0
(라)	? n	1	0	0	ⓒ 0

❶ (다)는 핵상이 $2n$인데 b의 DNA 상대량이 0이므로, P에는 대립유전자 b가 없다. (라)에서 B의 DNA 상대량도 0이므로 ㉯의 유전자(B와 b)는 성염색체에 있다. ➡ ⓒ는 0
❷ (다)에서 a의 DNA 상대량이 1, (라)에서 A의 DNA 상대량이 1이므로, P에는 대립유전자 A와 a가 모두 있다. ㉮의 유전자(A와 a)는 상염색체에 있다.
❸ (다)와 (라)에는 DNA 상대량이 1인 대립유전자가 있으므로 중기의 세포가 아니고, (가)와 (나)가 중기의 세포이다. 이때 (가)와 (나)가 모두 B의 DNA 상대량이 2이므로 하나는 핵상이 n이고, 다른 하나는 핵상이 $2n$이다.
❹ (나)에서 A의 DNA 상대량이 0이므로 (나)는 핵상이 n이고 중기 세포이므로 DNA가 복제되어 있는 상태이다. ➡ ⓑ는 2
❺ (가)는 중기의 세포이며 핵상이 $2n$이므로 A와 a의 DNA 상대량이 각각 2이다. ➡ ⓐ는 2

ㄱ. ⓐ+ⓑ+ⓒ=2+2+0=4이다.
ㄴ. 2가 염색체는 감수 1분열 전기와 중기에 관찰되며, (가)는 감수 1분열 중기 세포이므로 (가)에 2가 염색체가 있다.

바로알기 | ㄷ. ㉯의 유전자는 성염색체에 있다.

488



세포	DNA 상대량			
	H	h	T	t
$2n$ (가)	? 2	ⓐ 2	? 2	2 ($HhTt$)$_2$
$2n$ (나)	1	1	ⓑ 1	1 ? $HhTt$
n (다)	1	0	1	0 ⓒ HT
n (라)	? 0	2	0	2 ? $hhtt$

❶ (가)~(라)에서 H, h, T, t가 모두 존재하므로 P의 ㉮의 유전자형은 $HhTt$이다.
❷ (나)에서 대립유전자인 H와 h가 모두 있으므로 (나)는 핵상이 $2n$이고 DNA가 복제되기 전 상태이다. ➡ ⓑ는 1

❸ (다)는 h가 없으므로 핵상이 n이고 T가 있으므로 t가 없다. ➡ ㉢는 0

❹ (라)는 T가 없으므로 핵상이 n이고 h의 DNA 상대량이 2이므로 DNA가 복제된 상태이다. (라)에는 T가 없으므로 t가 있다.

❺ (가)는 핵상이 $2n$이고 DNA가 복제된 상태인 감수 1분열 중기 세포 Ⅰ이다. ➡ ⓐ는 2

ㄱ. 감수 1분열 중기 세포인 Ⅰ은 (가)이다.

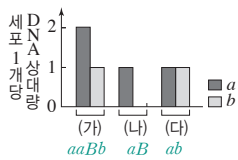
ㄴ. ⓐ는 2, ⓑ는 1, ㉢는 0이므로 ⓐ>ⓑ>㉢이다.

바로알기 | ㄷ. (나)의 핵상은 $2n$이고, (라)의 핵상은 n이다.

489

세포	대립유전자		
	㉠ B	㉡ b	㉢ A
$2n$ (가)	○	○	×
n (나)	○	×	ⓐ ×
n (다)	×	ⓑ ○	×

(○: 있음, ×: 없음)



❶ (가)에서 a의 DNA 상대량이 2, b의 DNA 상대량이 1이므로, (가)는 핵상이 $2n$이며, 이 사람은 대립유전자 A가 없다. ➡ P의 ㉮의 유전자형은 $aaBb$이고, ㉢은 A이며, ⓐ는 ×이다.

❷ (나)에는 ㉡이 없고, (다)에는 ㉠이 없으므로 (나)와 (다)의 핵상은 n이며, (나)의 유전자 구성은 aB, (다)의 유전자 구성은 ab이다.

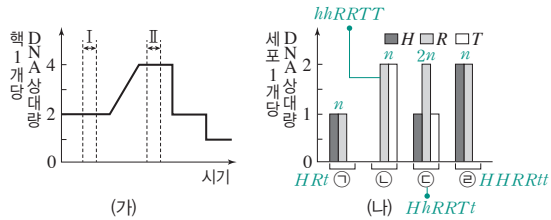
❸ 유전자 구성이 aB인 (나)에 ㉡이 없으므로 ㉡이 b이고, 나머지 ㉠은 B이다.

①, ⑤ P의 ㉮의 유전자형은 $aaBb$이며, ㉠은 B, ㉡은 b, ㉢은 A이다.

바로알기 | ②, ③ ⓐ는 '×', ⓑ는 '○'이다.

④ ㉡(b)은 ㉠(B)과 대립유전자이다.

490



❶ ㉢에서 R의 DNA 상대량이 2, H와 T의 DNA 상대량이 각각 1이므로 ㉢은 핵상이 $2n$이며, P의 ㉮의 유전자형은 $HhRRTt$이다.

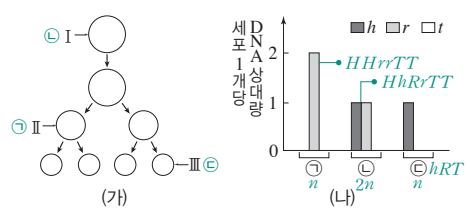
❷ ㉠, ㉡, ⓔ은 모두 일부 대립유전자가 없으므로 핵상이 n이다. ㉠의 유전자 구성은 HRt, ㉡의 유전자 구성은 $hhRRTT$, ⓔ의 유전자 구성은 $HHRRtt$이다.

ㄴ. ㉠과 ㉡의 핵상은 모두 n이다.

ㄷ. 구간 Ⅰ은 DNA가 복제되기 전 G_1기로, 이 시기 세포의 핵상은 $2n$이므로 H, R, T가 모두 있다.

바로알기 | ㄱ. ⓔ은 핵상이 n이므로 구간 Ⅱ에서 관찰되지 않는다.

491



❶ Ⅰ의 핵상은 $2n$이고, Ⅱ와 Ⅲ의 핵상은 모두 n이며, Ⅱ는 DNA가 복제된 상태이다.

❷ ㉠과 ㉢은 일부 대립유전자가 없으므로 핵상이 모두 n이다. 따라서 ㉡은 핵상이 $2n$인 Ⅰ이고, ㉠은 DNA가 복제된 상태이므로 Ⅱ이다.

❸ Ⅰ(㉡)의 유전자 구성은 $HhRrTT$, Ⅱ(㉠)의 유전자 구성은 $HHrrTT$, Ⅲ(㉢)의 유전자 구성은 hRT이다.

ㄱ. ㉠은 Ⅱ, ㉡은 Ⅰ, ㉢은 Ⅲ이다.

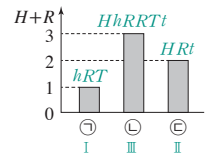
ㄴ. ㉠(Ⅱ)과 ㉢(Ⅲ)의 핵상은 n으로 서로 같다.

ㄷ. T의 DNA 상대량은 ㉠(Ⅱ)에서와 ㉡(Ⅰ)에서 모두 2로 같다.

492

세포	대립유전자		
	h	r	t
n Ⅰ	○	? ×	×
n Ⅱ	×	? ×	○
$2n$ Ⅲ	○	×	? ○

(○: 있음, ×: 없음)



❶ Ⅰ과 Ⅲ에는 h가 있고, Ⅱ에는 h가 없으므로 H가 있다. 따라서 P에는 H와 h가 모두 있다. Ⅱ에는 t가 있고, Ⅰ에는 t가 없으므로 T가 있다. 따라서 P에는 T와 t가 모두 있다.

❷ Ⅰ에는 t가 없고 Ⅱ에는 h가 없으므로, Ⅰ과 Ⅱ의 핵상은 모두 n이다.

❸ 핵상이 n인 세포에서 H와 R가 모두 있다면 $(H+R)$는 2이고, 이 세포가 DNA가 복제된 상태라면 $(H+R)$는 4이다. 즉, 핵상이 n인 세포에서 $(H+R)$는 3이 될 수 없다. 따라서 ㉡의 핵상은 $2n$이다.

❹ ㉡은 Ⅲ이며 핵상은 $2n$인데 r가 없으므로 P에는 r가 없다. ➡ P의 유전자형은 $HhRRTt$이다.

❺ ㉢은 $(H+R)$가 2이므로 H와 R를 갖는 Ⅱ이다. ➡ ㉢(Ⅱ)의 유전자 구성은 HRt이다.

❻ ㉠은 $(H+R)$가 1이므로 h와 R를 갖는 Ⅰ이다. ➡ ㉠(Ⅰ)의 유전자 구성은 hRT이다.

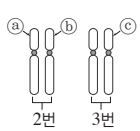
ㄷ. Ⅲ(㉡)의 유전자 구성은 $HhRRTt$이므로 Ⅲ의

$$\frac{H\text{의 DNA 상대량}+T\text{의 DNA 상대량}}{R\text{의 DNA 상대량}}=\frac{1+1}{2}=1\text{이다.}$$

바로알기 | ㄱ. ㉠은 Ⅰ, ㉡은 Ⅲ, ㉢은 Ⅱ이다.

ㄴ. P의 ㉮의 유전자형은 $HhRRTt$이므로, P에는 h, r, t를 모두 갖는 세포가 없다.

493



세포	염색체			DNA 상대량	
	㉠	㉡ ⓒ	㉢	h	T
n (가)	○	○	×	2	2 ? $hhTT$
n (나)	×	○	○	0	2 $HHTT$
$2n$ (다)	○	? ○	○	1	2 ? $HhTT$
n (라)	○	×	? ×	1	1 hT

(○: 있음, ×: 없음)

❶ (가), (나), (라)에는 ㉠~㉢ 중 일부 염색체가 없으므로 핵상이 모두 n이다.

❷ (가)는 핵상이 n인데 ㉠과 ㉡이 함께 있으므로 ㉠과 ㉡은 상동염색체가 아니다. (나)는 핵상이 n인데 ㉡과 ㉢이 함께 있으므로 ㉡과 ㉢은 상동염색체가 아니다. 따라서 ㉠과 ㉢이 상동염색체로 각각 2번 염색체인 ⓐ와 ⓑ 중 하나이고, ㉡은 3번 염색체인 ⓒ이다. (다)는 ㉠과 ㉢이 함께 있으므로 핵상이 $2n$이다.

❸ (나)에는 h가 없으므로 H가 있고 (나)의 유전자 구성은 $HHTT$이다. (가)에는 h, (나)에는 H가 있는데 ㉡에는 같은 유전자가 있으므로 ㉠에 h, ㉢에 H가 있고, ㉡에는 T가 있다.

❹ (라)에서 ㉡이 없는데 T의 DNA 상대량이 1이므로, ㉡(㉢)의 상동 염색체에도 T가 있다.

ㄴ. P의 ㉮의 유전자형은 $HhTT$이다.

ㄷ. (가)의 유전자 구성은 $hhTT$이고, (다)의 유전자 구성은 $HhTT$이므로, (가)와 (다)에서 T의 DNA 상대량은 2로 같다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 2번 염색체이다.

최고 수준 도전 기출 152쪽~153쪽

494 ② 495 ② 496 ① 497 ③ 498 ③ 499 ③, ⑤

494 ❶ 염색체의 모양과 크기가 다른 (나)는 A, B와 다른 종인 C의 세포이고, C는 수컷이다.

❷ ⓐ가 상염색체, ⓑ가 성염색체라면, (가)와 (다)의 성이 서로 같게 된다. A~C 중 B만 암컷이라는 조건을 만족하려면 ⓐ가 성염색체(Y염색체), ⓑ가 상염색체가 되어야 한다. ➡ (가)는 수컷 A, (다)는 암컷 B이다.

ㄷ. (나)는 C의 세포이므로 C의 체세포의 핵상과 염색체 수는 $2n=6$이다. 감수 2분열 중기 세포의 핵상과 염색체 수는 $n=3$이며, 중기에 염색체는 2개의 염색분체로 이루어져 있으므로 염색분체 수는 $3\times2=6$이다.

바로알기 | ㄱ. ⓐ는 성염색체(Y염색체), ⓑ는 상염색체이다.

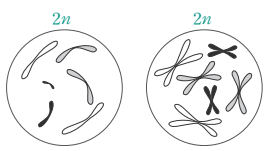
ㄴ. (가)와 (다)에서 성염색체 구성이 다르므로, (가)를 갖는 개체와 (다)를 갖는 개체의 핵형은 서로 다르다.

495

X염색체

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
Q, $2n$ Ⅰ	0	2	?1	1	2	0
P, $2n$ Ⅱ	1	0	ⓐ1	1	?1	1
P, n Ⅲ	0	0	1	?0	1	ⓑ0
Q, $2n$ Ⅳ	0	㉡	?2	2	4	0

㉡ 4



P (가) Ⅱ $BbDdX^AY$ Q (나) Ⅳ $(BbDDX^aX^a)_2$

❶ Ⅲ에서 A와 a가 모두 없으므로, ㉮의 유전자(A와 a)는 X염색체에 있다. Ⅲ은 P의 세포이며, 핵상이 n이다. ➡ ⓑ는 0

❷ Ⅳ에서 D의 DNA 상대량이 4이므로, 이 개체에서 ㉯의 유전자형은 DD이며, Ⅳ는 핵상이 $2n$이고, DNA가 복제된 상태이다.

❸ (나)는 암컷이고 핵상이 $2n$이며 DNA가 복제된 상태이므로, $(A+a)$, $(B+b)$, $(D+d)$가 모두 4이다. Ⅰ~Ⅳ 중 이를 만족하는 것은 Ⅳ이다. 따라서 Ⅳ는 (나)이며, Q의 세포이다. ➡ ㉡는 4

❹ Ⅰ에서 a의 DNA 상대량이 2이고 b의 DNA 상대량이 1이므로, Ⅰ은 핵상이 $2n$이고 X염색체가 2개 있으므로 Q의 세포이다. Q의 유전자형은 $BbDDX^aX^a$이다.

❺ Ⅱ에서 A의 DNA 상대량이 1이므로, Ⅱ는 P의 세포이다.

❻ (가)는 핵상이 $2n$이며 성염색체가 XY이므로 P의 세포이다. Ⅰ~Ⅳ 중 이를 만족하는 것은 Ⅱ이다. 따라서 Ⅱ는 (가)이고, P의 유전자형은 $BbDdX^AY$이다. ➡ ⓐ는 1

ㄷ. Ⅱ와 Ⅳ의 핵상은 $2n$으로 서로 같다.

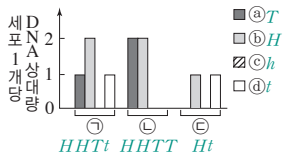
바로알기 | ㄱ. (가)는 Ⅱ, (나)는 Ⅳ이다.

ㄴ. ⓐ는 1, ⓑ는 0, ㉡는 4이므로 ⓐ+ⓑ<㉡이다.

496

세포	대립유전자	
	h	t
$2n$ ㉠	?×	○
n ㉡	×	×
n ㉢	×	?○

(○: 있음, ×: 없음)



❶ ㉠에 t가 있고, ㉡에 t가 없으므로 T가 있다. 따라서 P에는 T와 t가 모두 있다. ㉡과 ㉢에 h가 없으므로 P에는 H가 있다.

❷ 일부 대립유전자가 없는 ㉡과 ㉢은 핵상이 n이고, H, h, T, t 중 3가지 유전자를 가지고 있는 ㉠은 핵상이 $2n$이다.

❸ ㉡에 h와 t가 모두 없으므로 ⓐ와 ⓑ는 각각 H와 T 중 하나이고, ⓒ와 ⓓ는 각각 h와 t 중 하나이다. ㉢의 유전자 구성이 ⓑⓓ인데 ㉢에 h가 없으므로 ⓓ가 t이고, ⓒ가 h이다.

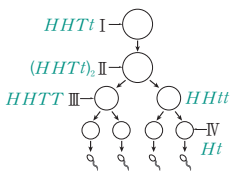
❹ ⓐ와 ⓓ, ⓑ와 ⓒ가 각각 대립유전자이므로 ⓐ는 T, ⓑ는 H이다.

ㄱ. ⓐ는 T, ⓑ는 H, ⓒ는 h, ⓓ는 t이다.

바로알기 | ㄴ. ⓐ(T)와 ⓓ(t), ⓑ(H)와 ⓒ(h)가 각각 대립유전자이다.

ㄷ. P의 ㉮의 유전자형은 $HHTt$이므로, P에게서 h와 t를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다.

497



세포	대립유전자			DNA 상대량	
	㉠ t	㉡ h	㉢ T	H	t
$2n$ (가) Ⅱ	○	?×	○	?4	2
n (나) Ⅲ	×	×	○	2	?0
$2n$ (다) Ⅰ	○	?×	?○	?2	1
n (라) Ⅳ	?○	?×	×	1	1

(○: 있음, ×: 없음)

❶ (나)와 (라)는 일부 대립유전자가 없으므로 핵상이 모두 n이다. 따라서 (나)와 (라)는 각각 Ⅲ과 Ⅳ 중 하나이고, (가)와 (다)는 각각 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나이며 핵상이 $2n$이다.

❷ (라)의 유전자 구성은 Ht이고, (나)에서 H의 DNA 상대량이 2이므로 (나)가 Ⅲ, (라)가 Ⅳ이다.

❸ (가)에서 t의 DNA 상대량이 2, (다)에서 t의 DNA 상대량이 1이므로, (가)는 DNA가 복제된 상태인 Ⅱ이고, (다)는 DNA가 복제되기 전 상태인 Ⅰ이다.

❹ (나)(Ⅲ)에 H가 있으므로 h는 없는데 ㉢이 있으므로 ㉢은 T와 t 중 하나이고, (라)(Ⅳ)에 t가 있는데 ㉢이 없으므로 ㉢은 T이다.

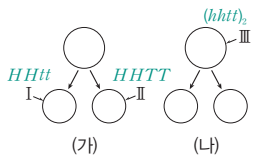
❺ Ⅲ(나)에 H가 있고, Ⅳ(라)에도 H가 있으므로 P에는 H만 있고, h는 없다. h는 (가)~(라)에 모두 없어야 하므로 ㉡이고, ㉠은 t이다.

❻ P에는 H와 h(㉡) 중 H만 있고, T(㉢)와 t(㉠)가 모두 있으므로 P의 ㉮의 유전자형은 $HHTt$이다. 따라서 Ⅰ(다)의 유전자 구성은 $HHTt$, Ⅱ(가)의 유전자 구성은 $HHHHTTtt$, Ⅲ(나)의 유전자 구성은 $HHTT$, Ⅳ(라)의 유전자 구성은 Ht이다.

ㄱ, ㄴ. P의 ㉮의 유전자형은 $HHTt$이며, ㉠은 t, ㉡은 h, ㉢은 T이다.

바로알기 | ㄷ. Ⅲ(나)의 유전자 구성은 $HHTT$이므로 Ⅲ에서 H와 T의 DNA 상대량을 더한 값은 4이다.

498



세포	DNA 상대량을 더한 값			
	㉠+㉡	㉠+㉢	㉡+㉢	㉢+㉣
Ⅰ	4	2	2	ⓐ 0
Ⅲ	4	0	ⓑ 4	? 4

❶ Q의 ㉮의 유전자형이 $hhtt$인데, Ⅲ에서 ㉠+㉢의 값이 0이므로 ㉠과 ㉢은 각각 H와 T 중 하나이다.

❷ P의 ㉮의 유전자형이 $HHTt$인데, 감수 2분열 중기 세포인 Ⅰ에서 ㉠+㉢($H+T$)의 값이 2이므로, Ⅰ의 유전자 구성은 $HHtt$이다. Ⅱ의 유전자 구성은 $HHTT$이다.

❸ Ⅰ에서 ㉠+㉢($H+T$)은 2, ㉠+㉡($H+t$)은 4이므로 ㉠은 H, ㉡은 t이고, ㉢은 T, ㉣은 h이다. 따라서 Ⅰ에서 ㉢+㉣($T+h$)은 0이다. ➡ ⓐ는 0

❹ Ⅲ에서 ㉠+㉡($H+t$)이 4이므로, Ⅲ의 유전자 구성은 $hhhhtttt$이다. 따라서 Ⅲ은 감수 1분열 중기 세포이다.

❺ Ⅲ에서 ㉡+㉢($t+T$)은 4이다. ➡ ⓑ는 4

ㄱ. ⓐ는 0, ⓑ는 4이므로 ⓐ+ⓑ=4이다.

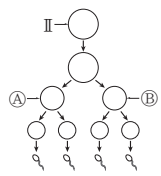
ㄴ. Ⅱ의 유전자 구성은 $HHTT$이므로, Ⅱ에는 T가 있다.

바로알기 | ㄷ. Ⅲ의 $\frac{\text{염색분체 수}}{\text{성염색체 수}}=\frac{46\times2}{2}=46$이다.

499

세포	대립유전자				$a+b+D$
	㉠A	㉡b	㉢a	㉣d	
Ⅰ (가)n	ⓐ×	×	○	○	1 aBd
Ⅰ (나)n	○	○	×	×	2 AbD
(다)n	×	×	○	×	4 $(aBD)_2$
(라)n	×	○	ⓑ○	×	6 $(abD)_2$

(○: 있음, ×: 없음)



❶ (가)~(라) 모두 일부 대립유전자가 없으므로 핵상이 n이다.

❷ (다)에는 ㉢만 있으므로 ㉢은 A 또는 a이며, b와 d는 없다. 그런데 $a+b+D$가 4이므로 $a+D$가 4이고, 핵상이 n인 세포에서 $a+D$가 4가 되려면 a와 D의 DNA 상대량이 각각 2이어야 한다. 따라서 ㉢은 a이고, (다)의 유전자 구성은 $aaBBDD$이다.

❸ (라)에서 $a+b+D$가 6이므로 a, b, D의 DNA 상대량이 각각 2로, (라)의 유전자 구성은 $aabbDD$이다. a가 있으므로 ⓑ는 '○'이고, b가 있으므로 ㉡은 b이다.

❹ (나)에 ㉢(a)이 없으므로 A가 있다. 따라서 ㉠은 A이고, 나머지 ㉣은 d이다. (나)의 유전자 구성은 AbD이다.

❺ (가)에는 ㉢(a)과 ㉣(d)이 있고, ㉡(b)이 없으므로 B가 있다. (가)의 유전자 구성은 aBd이다. ➡ ⓐ는 ×

❻ P에는 A와 a, B와 b, D와 d가 모두 있으므로 P의 ㉮의 유전자형은 $AaBbDd$이다. 따라서 Ⅰ로부터 (가)와 (나)가 형성되었고, Ⓐ는 (다) 또는 (라)이다.

③ Ⅱ로부터 형성된 Ⓐ는 (다) 또는 (라)이다. (다)의 유전자 구성은 $aaBBDD$이고, (라)의 유전자 구성은 $aabbDD$이므로, Ⓐ에는 a와 D가 있다. 따라서 Ⓑ에는 A와 d가 모두 있다.

바로알기 | ① ㉠은 A, ㉡은 b, ㉢은 a, ㉣은 d이다.

② ⓐ는 '×'이고, ⓑ는 '○'이다.

④ (나)와 (다)의 핵상은 모두 n으로 같다.

20 생물의 진화

빈출 자료 보기 155쪽

500 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

500

A는 돌연변이, B는 자연선택, C는 병목효과이다.

바로알기 | (2) 유전적 부동에는 병목효과(C)와 창시자효과가 있다.

(3) 자연선택(B)은 환경에 대한 개체의 적응 능력과 관련이 있다.

(5) '원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타난다.'는 창시자효과의 특징에 해당한다.

난이도별 필수 기출 156쪽~161쪽

501 ③ 502 ㉠ 변이, ㉡ 자연선택 503 (다) → (가) → (라) → (나) 504 ② 505 ② 506 ④ 507 ④ 508 ②
509 (가) 생물지리학적 연구 (나) 진화발생학적 연구 (다) 화석 연구
510 (가) 상사기관 (나) 상동기관 511 해설 참조 512 ④
513 ④ 514 ⑤ 515 해설 참조 516 ④ 517 ⑤
518 ③ 519 ① 520 ① 521 ② 522 ① 523 ⑤
524 ② 525 ③

501

바로알기 | ③ 어떤 형질을 갖느냐에 따라 환경에 적응하기에 유리할 수도 있고 불리할 수도 있으므로, 변이는 개체가 환경에 적응하는 능력에 영향을 미친다.

502

다양한 변이(㉠)가 있는 생물집단에서 생존에 유리한 형질을 가진 개체가 그렇지 않은 개체보다 더 많이 살아남아 이 형질을 자손에게 전달하는 자연선택(㉡)이 일어난다.

503

자연선택에 의한 진화 과정은 과잉생산과 변이(다) → 생존경쟁(가) → 자연선택(라) → 진화(나) 순으로 일어난다.

504

ㄴ. 키가 작은 풀이 많은 환경(ⓑ)에서는 등딱지가 둥글고 목이 짧은 땅거북(A)이 많이 살아남아 더 많은 자손을 남기고, 키가 큰 선인장이 많은 환경(ⓐ)에서는 등딱지의 앞부분이 들려 있고 목이 긴 땅거북(B)이 많이 살아남아 더 많은 자손을 남겼다.

바로알기 | ㄱ. 목이 긴 땅거북 B가 서식하는 ㉡이 키가 큰 선인장이 있는 ⓐ이다.

ㄷ. 땅거북 집단에 목 길이가 다양한 개체들이 있었고, 섬 ㉡(ⓐ)의 키가 큰 선인장이 많은 환경에서 생존에 유리한 목이 긴 땅거북이 많이 살아남아 더 많은 자손을 남겨 목이 긴 땅거북이 번성한 것이다.

505

ㄷ. 부리가 크고 두꺼운 핀치가 크고 껍질이 단단한 씨를 먹기에 유리하여 더 많이 살아남아 자손을 남기는 자연선택이 일어났으므로 핀치 부리의 진화는 먹이 환경과 관련이 있다.

바로알기 | ㄱ. A에서 일어난 핀치의 진화 과정을 보면 부리가 크고 두꺼운 핀치가 더 많이 살아남았으므로, A는 이들의 먹이인 크고 껍질이 단단한 씨를 만드는 식물이 많은 섬이다.

ㄴ. (가) 과정 전에 핀치 집단 내에 다양한 모양과 크기의 부리를 가진 개체들이 있었으므로, 부리의 모양과 크기에 대한 변이가 있었다.

506 ㄴ. 기린의 진화 과정에서 주어진 환경에서 생존에 유리한 형질을 가진 개체가 그렇지 않은 개체보다 많이 살아남아 더 많은 자손을 남기는 자연선택이 일어났다.
ㄷ. 기린의 목 길이는 개체가 가지고 있는 유전자에 의해 나타나는 형질이므로, 자손에게 전달되는 형질이다.
바로알기 | ㄱ. 높은 곳에 있는 잎을 먹을 수 있는 목이 긴 기린이 생존경쟁에 유리하여 더 많이 살아남았다.

507 ㄴ. X 내성 유전자가 다음 세대로 전달되어 유전자풀의 변화가 일어났다.
ㄷ. Ⅰ과 Ⅱ에 X 내성 유전자가 있는 개체와 없는 개체가 모두 있으므로, Ⅰ과 Ⅱ에 모두 X 내성에 대한 변이가 있다.
바로알기 | ㄱ. Ⅱ에 X를 처리하면서 여러 세대를 배양했을 때 X에 내성이 있는 세균이 더 많이 살아남아 자손을 남긴다. ㉠과 ㉡ 중 ㉠만 살아남았으므로 ㉠이 X에 내성이 있는 세균이다.

508 ㄷ. 환경의 변화는 적응력이 높은 형질이 선택되는 힘으로 작용한다.
바로알기 | ㄱ. 가뭄이 심할 때 크고 딱딱한 씨앗이 많아져 이 씨앗을 먹을 수 있는 부리가 큰 핀치가 많이 살아남아 부리의 평균 크기가 커졌다. 부리의 평균 크기는 ㉠이 ㉡보다 작으므로, ㉠이 가뭄 전, ㉡이 가뭄 후이다.
ㄴ. 가뭄 후(㉡) 크고 딱딱한 씨앗이 많아진 A에서 부리의 크기가 작은(ⓐ) 개체가 부리의 크기가 큰(ⓑ) 개체보다 생존에 불리하였다.

509 호주 유대류의 분포는 생물지리학적 연구의 예이고, 척추동물 발생 초기의 유사성은 진화발생학적 연구의 예이다. 깃털 달린 육식 공룡 화석은 화석 연구의 예이다.

개념 보충
- **화석 연구:** 각 지층에서 발견되는 화석을 연구하면 환경의 변화와 생물의 진화를 가장 직접적으로 알 수 있다.
- **생물지리학적 연구:** 생물의 분포는 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월 동안 독자적인 진화 과정을 거쳐 분화했기 때문이다.
- **진화발생학적 연구:** 동물의 발생 과정에서 성체에서는 보이지 않는 해부학적 유사성이 나타난다. 이를 통해 이 생물들이 공통조상에서 다양하게 진화하였음을 알 수 있다.

510 (가)는 상사기관, (나)는 상동기관이다.

511 모범 답안 (가)는 생물이 비슷한 환경에 적응하면서 비슷한 형질을 가지도록 진화했다는 증거이고, (나)는 생물이 공통조상에서 다양하게 진화했다는 증거이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)로 알 수 있는 사실을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)로 알 수 있는 사실 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

512 ㄴ. 생물 간의 유연관계가 가까울수록 같은 기능을 가진 단백질을 구성하는 아미노산서열이 유사하다. (나)에서 침팬지와 사람의 유연관계가 가장 가깝고, 효모와 사람의 유연관계가 가장 멀다.
ㄷ. 분자진화학적 연구를 통해 DNA 염기서열이나 단백질의 아미노산서열을 비교해 보면 생물 사이의 유연관계와 진화 과정을 알 수 있다.
바로알기 | ㄱ. 사람과 아미노산서열 유사도가 높은 생쥐가 개구리보다 사람과 유연관계가 가깝다.

513 **바로알기** | ④ 진화는 한 개체의 변화가 아니라 개체군에서 일어나는 유전자풀의 변화, 즉 대립유전자빈도의 변화이다.

514 ㄱ. P에서 껍데기 색깔이 회색인 개체, 흰색인 개체들이 있으므로, 껍데기 색깔에 대한 변이가 있다.
ㄴ. P에서 대립유전자 a의 빈도$=\frac{2+(7\times2)}{20}=\frac{16}{20}=0.8$이다.
ㄷ. P의 포식자가 먹이로 회색 개체(AA, Aa)보다 흰색 개체(aa)를 더 선호할 경우, 흰색을 나타내는 대립유전자 a를 2개 가진 개체가 점점 줄어들 것이다. 따라서 P에서 대립유전자 a의 빈도는 감소하고, A의 빈도는 증가할 것이다.

515 모범 답안 동물 P의 개체군에서 진화가 일어났다고 할 수 있다. P의 개체군에서 유전자풀을 구성하는 대립유전자의 빈도가 변했기 때문이다. 대립유전자 A의 빈도는 Q가 나타나기 전 0.7이었으나 Q가 나타난 후 0.6으로 감소하였고, 대립유전자 a의 빈도는 Q가 나타나기 전 0.3이었으나 Q가 나타난 후 0.4로 증가하였다.

해설 (가)에서 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(490\times2)+420}{2000}=\frac{1400}{2000}=0.7$, a의 빈도$=\frac{420+(90\times2)}{2000}=\frac{600}{2000}=0.3$이다. (나)에서 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(180\times2)+240}{1000}=\frac{600}{1000}=0.6$, a의 빈도$=\frac{240+(80\times2)}{1000}=\frac{400}{1000}=0.4$이다.

채점 기준	배점
진화가 일어났다고 쓰고, 그 까닭을 대립유전자빈도와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
진화가 일어났다고만 쓴 경우	30 %

516 Ⅰ에서 유전자형이 AA, Aa, aa인 개체 수는 각각 360, 480, 160이므로 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(360\times2)+480}{2000}=\frac{1200}{2000}=0.6$, a의 빈도$=\frac{480+(160\times2)}{2000}=\frac{800}{2000}=0.4$이다.
Ⅱ에서 유전자형이 AA, Aa, aa인 개체 수는 각각 640, 320, 40이므로 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(640\times2)+320}{2000}=\frac{1600}{2000}=0.8$, a의 빈도$=\frac{320+(40\times2)}{2000}=\frac{400}{2000}=0.2$이다.
Ⅲ에서 유전자형이 AA, Aa, aa인 개체 수는 각각 160, 480, 360이므로 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(160\times2)+480}{2000}=\frac{800}{2000}=0.4$, a의 빈도$=\frac{480+(360\times2)}{2000}=\frac{1200}{2000}=0.6$이다.
ㄴ. 대립유전자 A의 빈도는 Ⅱ에서 0.8, Ⅰ에서 0.6이므로, Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 높다.
ㄷ. Ⅰ에서 대립유전자 A의 빈도는 0.6, Ⅲ에서 대립유전자 a의 빈도는 0.6이므로 서로 같다.
바로알기 | ㄱ. Ⅱ에서 대립유전자 a의 수는 $320+(40\times2)$이므로 400이다.

517 유전자풀의 변화 요인으로 ① 자연선택, ② 돌연변이, ③ 유전적 부동(병목효과), ④ 유전자흐름, ⑥ 유전적 부동(창시자효과)이 있다.
바로알기 | ⑤ 개체군 내 개체들 사이에서 무작위적인 교배가 일어나는 것은 단일 개체군 내에서 일어나는 일로, 유전자풀이 변하는 요인이 아니다.

518 ㄷ. 갈색 딱정벌레가 노란색 딱정벌레보다 생존에 유리하여 더 많이 살아남아 자손을 남겼으므로, 자연선택(ⓐ)이 일어났다.
ㄹ. 자연선택(ⓐ)이 일어나면 생존율이나 번식률을 높이는 데 유리한 형질을 나타내는 대립유전자를 가진 개체가 더 많은 자손을 남긴다.
바로알기 | ㄱ. Ⅲ에서는 Ⅰ에서보다 갈색 딱정벌레 개체 수의 비율이 증가하였다.
ㄴ. Ⅱ에서 새가 노란색 딱정벌레를 주로 잡아먹으므로 갈색 딱정벌레가 노란색 딱정벌레보다 생존에 유리하다.

519 ㄴ. 병목효과는 지진, 화재, 질병, 남획 등으로 개체군의 크기가 갑자기 줄어들면서 나타난다. 이때 생존하거나 사라지는 개체는 무작위로 정해진다.
바로알기 | ㄱ. 남획으로 인한 개체군의 크기 감소(㉠)는 유전적 부동의 한 현상인 병목효과를 일으킨다.
ㄷ. 털 색에 대한 대립유전자의 구성과 빈도가 변하였으므로 (가)의 유전자풀과 (나)의 유전자풀은 서로 다르다.

520 ㄱ. 비정상 헤모글로빈 대립유전자(Hb^S)의 빈도가 ㉠에서가 ㉡에서보다 높으므로, ㉠이 말라리아가 자주 발생하는 지역이고, ㉡은 말라리아가 발생하지 않는 지역이다.
바로알기 | ㄴ. 낫모양적혈구는 말라리아에 저항성을 나타내므로, 비정상 헤모글로빈 대립유전자(Hb^S)는 말라리아가 자주 발생하는 지역(㉠)에서 생존에 유리하게 작용한다.
ㄷ. 낫모양적혈구는 말라리아가 발생하지 않는 지역에서는 일반적으로 생존에 불리하지만, 말라리아가 자주 발생하는 지역에서는 생존에 유리할 수 있다. 즉, 환경은 자연선택의 방향에 영향을 미친다.

521 (가)는 유전자흐름, (나)는 유전적 부동, (다)는 자연선택이다.
ㄷ. 가뭄에 의해 핀치 개체군의 평균 부리 크기가 변한 것은 환경 변화에 따라 특정 형질을 가진 개체가 자연선택되고, 그 결과 개체군의 수준에서 변화가 나타난 것이다.
바로알기 | ㄱ. 달맞이꽃 개체군에서 돌연변이가 일어나 큰달맞이꽃이 출현한 것이므로, 이는 돌연변이에 의한 유전자풀의 변화이다.
ㄴ. 유전적 부동은 우연한 사건으로 대립유전자의 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변화하는 것이므로, 대립유전자 A가 생존에 유리한 형질을 나타내는지 알 수 없다.

522 (가)는 돌연변이, (나)는 유전자흐름, (다)는 자연선택이다.
ㄱ. DNA 염기서열에 변화가 생기는 돌연변이가 일어나면 개체군에 새로운 대립유전자가 나타날 수 있다.
바로알기 | ㄴ. 원래의 개체군에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 개체군을 형성할 때 나타나는 것은 창시자효과이다.
ㄷ. 자연선택(다)은 환경 변화에 대한 개체의 적응 능력과 관련이 있다.

523 ㄱ. ㉠은 개체군에 새로운 대립유전자 a가 나타났으므로, 돌연변이이다.
ㄴ. ㉡은 생존에 유리한 형질을 나타내는 대립유전자를 가진 개체가 그렇지 않은 개체보다 많이 살아남아 더 많은 자손을 남기는 자연선택이다. 자연선택(㉡)이 일어나면 세대를 거듭할수록 생존에 유리한 형질을 나타내는 대립유전자의 빈도가 높아진다.
ㄷ. ㉢은 우연한 사건으로 개체군의 특정 대립유전자의 빈도가 급격히 증가하거나 감소하는 유전적 부동이다. 개체군의 크기가 작을수록 같은 사건이 일어났을 때 원래 개체군의 유전자풀과 달라질 확률이 높아 유전적 부동(㉢)의 효과가 크다.

524

(가)

구분	㉠	㉡	㉢
A 병목효과	○	?×	○
B 자연선택	?×	ⓐ○	×
C 창시자효과	○	?×	ⓑ×

(○: 있음, ×: 없음)

(나)

특징(㉠~㉢)
• 유전적 부동의 한 현상이다. 병목효과, 창시자효과
• 환경 변화에 대한 개체의 적응 능력과 관련이 있다. 자연선택
• 자연재해나 남획 등으로 개체군의 크기가 급격히 줄어들 때 나타난다. 병목효과

ㄴ. ㉠은 '유전적 부동의 한 현상이다.'이고, ㉡은 '환경 변화에 대한 개체의 적응 능력과 관련이 있다.'이다. ㉢은 '자연재해나 남획 등으로 개체군의 크기가 급격히 줄어들 때 나타난다.'이다.
바로알기 | ㄱ. ⓐ는 '○', ⓑ는 '×'이다.
ㄷ. 병목효과(A)는 개체군의 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공하는 현상은 아니다.

525 ㄱ. ㉡은 Ⅰ의 일부 개체가 새로운 지역으로 이주하여 Ⅱ를 형성하면서 나타난 현상이므로 창시자효과이다.
ㄴ. (가)의 Ⅰ에서 DNA 염기서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타났으므로 돌연변이가 일어났다.
바로알기 | ㄷ. Ⅱ에서 대립유전자 b의 빈도는 $\frac{2}{8}=0.25$이고, Ⅰ에서 대립유전자 B의 빈도는 $\frac{12}{24}=0.5$이다.

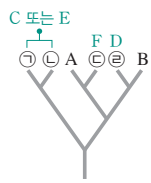
21 생물의 분류체계

빈출 자료 보기 163쪽

526 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ×

526

종	학명	과명
A	*Morus alba*	뽕나무과
B	*Boehmeria nivea*	쐐기풀과
C	*Malus domestica*	장미과
D	*Urtica dioica*	? 쐐기풀과
E	*Malus sieversii*	? 장미과
F	*Ficus carica*	뽕나무과



❶ A~F는 3개의 과로 분류되는데, 계통수를 통해 각 과별로 2종이 있다는 것을 알 수 있다.
❷ 표의 학명을 통해 C와 E는 같은 속에 속한다는 것을 알 수 있다. 따라서 C와 E는 장미과이고, 각각 ㉠ 또는 ㉡ 중 하나이다.
❸ A와 F가 뽕나무과이므로 ㉢은 F이고, B와 D는 쐐기풀과이므로 ㉣은 D이다.
바로알기 | (3) ㉣은 D이다.
(4) A~F는 모두 장미목(Rosales)에 속한다. 목은 강보다 하위 단계이므로, 같은 목에 속한 생물들은 같은 강에 속한다.

(6) D와 E가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 D와 F가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 오래되었으므로, D는 E보다 F와 유연관계가 더 가깝다.

난이도별 필수 기출

164쪽~167쪽

527 ②, ⑤ 528 해설 참조 529 ④ 530 ②
531 ① 532 ① 533 ② 534 ④ 535 ⑤ 536 ①
537 ③ 538 ③ 539 ③ 540 (가) 진핵생물역 (나) 세균역 (다) 고균역 541 ㉠ 없음, ㉡ 없음 542 해설 참조 543 ②
544 ① 545 ③

527 **바로알기** | ② 여러 '목'이 모여 하나의 '강'을 이룬다. 여러 '강'이 모여 하나의 '문'을 이룬다.
⑤ 비슷한 환경에서 생활한다고 같은 종은 아니다. 종(생물학적 종)은 자연 상태에서 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 개체들의 무리이다.

528 **모범 답안** 자연 상태에서 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 개체들의 무리이다.

채점 기준	배점
생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 무리라는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
자손을 낳을 수 있는 무리라고만 서술한 경우	0 %

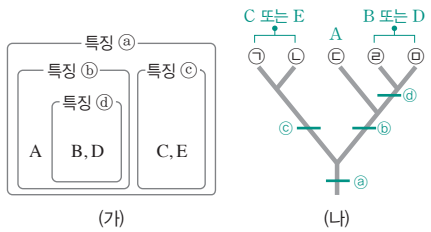
529 ㄴ. ㉢과 ㉣은 각각의 학명(속명+종소명)에서 속명이 '*Panthera*'로 같다는 것을 알 수 있다. 속은 과보다 하위 단계이므로, 같은 속에 속한 생물들은 같은 과에 속한다.
ㄷ. 수컷 사자(㉢)와 암컷 사자 사이에서 태어난 ㉤은 생식 능력이 있으므로 ㉢, 암컷 사자, ㉤은 모두 같은 종이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠과 ㉡은 학명이 서로 다르고, ㉠과 ㉡ 사이에서 태어난 노새는 생식 능력이 없으므로 ㉠과 ㉡은 서로 다른 종이다.

530 학명(이명법)은 속명+종소명+명명자 순서로 표기한다.
② A와 C는 명명자가 'Thunb.'로 같다.
바로알기 | ① A와 B는 학명이 다르므로 서로 다른 종이다.
③ B의 종소명은 '*japonica*'이고, E의 종소명은 '*carica*'이다.
④ 속명이 다른 B와 C는 각각 다른 속에 속하며, 속명이 같은 C와 D는 같은 속에 속한다. 따라서 C와 D의 유연관계는 C와 B의 유연관계보다 가깝다.
⑤ C와 D는 같은 속에 속하므로 같은 과에 속한다.

531 주어진 조건대로 분류해 보면 A와 C는 같은 ㉠에 속하면서 다른 ㉡에 속한다. 따라서 ㉠이 과, ㉡이 속이다.
ㄱ. A~E는 (A, D), (C), (B, E)의 3개의 속(㉡)으로 분류된다.
바로알기 | ㄴ. (A, D)와 (C)는 같은 과(㉠)에 속한다. 과는 목보다 하위 단계이므로, 같은 과에 속한 생물들은 같은 목에 속한다.
ㄷ. C와 B는 다른 과(㉠)에 속하고 C와 D는 같은 과(㉠)에 속하므로, C와 D의 유연관계는 C와 B의 유연관계보다 가깝다.

532 **바로알기** | ② A와 B는 같은 과에 속한다. 과는 목보다 하위 단계이므로, 같은 과에 속하는 생물은 같은 목에 속한다.
③ C와 E의 최근 공통조상은 분기점 ⓑ에 있다.
④ D와 B가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 D와 E가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 오래되었으므로, D와 B의 유연관계가 D와 E의 유연관계보다 멀다.
⑤ E는 특징 ㉡과 ㉢을 가지며, 특징 ㉠은 가지지 않는다.

533



(가) (나)

ㄴ. ㉢은 A이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 특징 ⓒ를 가진다.
ㄷ. B와 C는 서로 다른 목에 속한다. 과는 목보다 하위 단계이므로, 다른 목에 속하는 생물은 다른 과에 속한다.

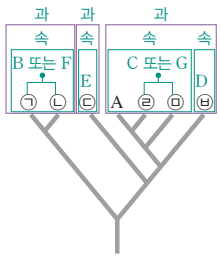
534 A~E의 공통조상에서 (A, B, C, D)와 (E)로 갈라지고, 이후 A~D의 공통조상에서 (A, B, C)와 (D)로 갈라진다. 따라서 (A, B, C, D), (E)는 각각 다른 과이고, (A, B, C), (D), (E)는 각각 다른 속이다.
ㄴ. (A, B, C, D)와 (E)의 2개의 과로 분류되므로, B와 D는 같은 과에 속한다.
ㄷ. C와 D가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 C와 A가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 오래되었으므로, C와 D의 유연관계가 C와 A의 유연관계보다 멀다.
바로알기 | ㄱ. 같은 속에 속하는 A와 B, C의 잎 모양이 다르고, A와 E는 서로 다른 속에 속하는데 잎의 모양이 같은 것으로 보아 잎의 모양은 A~E를 3개의 속으로 나누는 기준이 되는 형질이 아니다.

535 특징 ㉠과 ㉣에 의해 (B, D, E)와 (A, C, F)로 나뉜다. (B, D, E)는 특징 ㉡에 의해 (B, E)와 (D)로 나뉘므로, (다)와 (라)는 각각 B 또는 E 중 하나이고, (마)는 D이다. (A, C, F)는 특징 ㉤에 의해 (A, F)와 (C)로 나뉘므로 (가)는 F, (나)는 C이다.
① ⓐ는 (다)와 (라)(B와 E)의 공통된 특징이므로 ㉡이다.
②, ③ (가)는 F, (나)는 C이며, (가)(F)는 ㉣과 ㉤을 모두 가진다.
④ (다)(B 또는 E)와 (마)(D)의 공통조상은 ㉠을 가진다.
바로알기 | ⑤ B와 E가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 B와 D가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 최근이므로 B와 E의 유연관계는 B와 D의 유연관계보다 가깝다.

536 C와 E는 속명이 같으므로 같은 과에 속한다. 따라서 A, C, E는 개구리과에 속하고, C와 E는 각각 ㉢ 또는 ㉣ 중 하나이며, A는 ㉤이다. B와 D는 두꺼비과에 속하며, 각각 ㉠ 또는 ㉡ 중 하나이다.
ㄱ. ㉠과 ㉡은 두꺼비과에 속한다.
바로알기 | ㄴ. ㉤은 A이다.
ㄷ. A~E는 같은 목(개구리목)에 속하므로 모두 같은 강에 속한다.

537
❶ A~G는 (㉠, ㉡), (㉢), (A, ㉣, ㉤, ㉥)의 3개의 과로 분류된다.
❷ C와 D는 같은 과에 속하고, C와 G는 같은 속에 속하므로, C, D, G는 같은 과에 속한다.
❸ 그림에서 3종 이상이 있는 과는 (A, ㉣, ㉤, ㉥)이므로 ㉣, ㉤, ㉥은 각각 C, D, G 중 하나이다.

❹ A와 D가 다른 속에 속한다고 하였으므로 (A, C, D, G)는 (A, C, G)와 (D)의 2개의 속으로 나뉜다. 따라서 C와 G는 각각 ㉣ 또는 ㉤ 중 하나이고, D는 ㉥이다.



❺ E는 B와 다른 과에 속하고, F와도 다른 과에 속하므로 B와 F는 각각 ㉠ 또는 ㉡ 중 하나이고, E는 ㉢이다.

ㄱ. ㉢은 E이다.

ㄷ. C(㉣ 또는 ㉤)와 D(㉥)가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 C(㉣ 또는 ㉤)와 F(㉠ 또는 ㉡)가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 최근이므로 C와 D의 유연관계는 C와 F의 유연관계보다 가깝다.

바로알기 | ㄴ. (㉠, ㉡), (㉢), (A, ㉣, ㉤, ㉥)은 각각 다른 과이므로 (B, F), (E), (A, C, G, D)는 각각 다른 과이다.

538 ㉠은 원생생물계, ㉡은 고균역이다.

바로알기 | ㄴ. 원생생물계(㉠)에 속하는 생물은 핵막이 있는 진핵생물이며, 종속영양생물, 독립영양생물, 혼합영양생물 등 다양하다.

539 ㉠은 원핵생물계, ㉡은 원생생물계, ㉢은 균계이고, A는 세균역, B는 고균역, C는 진핵생물역이다.

ㄱ. 3역 6계 생물분류체계(나)가 5계 생물분류체계(가)와 다른 점은 원핵생물계(㉠)를 세균역(A) 진정세균계와 고균역(B) 고균계로 나눈 것이다.

ㄹ. 균계(㉢)는 식물계보다 동물계와 유연관계가 더 가깝다.

바로알기 | ㄴ. 원생생물계(㉡)에 속하는 생물은 대부분 단세포생물이지만, 군체를 형성하거나 다세포생물인 것도 있다.

ㄷ. 균계(㉢)에 속하는 생물에는 키틴질 성분의 세포벽이 있다.

540 핵막이 있는 (가)는 진핵생물역이고, 펩티도글리칸 세포벽이 있는 (나)는 세균역이다. (다)는 고균역이다.

541 세균역과 고균역에 속하는 생물은 핵막이 없고, 원형 DNA를 가진다. 고균역에 속하는 생물은 펩티도글리칸 성분이 없는 세포벽이 있다.

542 모범 답안 고균역(다)은 세균역(나)보다 진핵생물역(가)과 유연관계가 더 가깝다.

해설 라이보솜 RNA 염기서열, 세포벽 성분, DNA 복제와 단백질합성 과정 등을 보면 고균역(다)은 세균역(나)보다 진핵생물역(가)과 유연관계가 더 가깝다.

채점 기준	배점
고균역이 세균역보다 진핵생물역과 유연관계가 더 가깝다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
고균역이 세균역보다 진핵생물역과 유연관계가 더 가깝다는 내용을 포함하지 않은 경우	0 %

543 ㄴ. 대장균은 펩티도글리칸으로 이루어진 세포벽이 있고, 푸른곰팡이는 키틴질로 이루어진 세포벽이 있다.

바로알기 | ㄱ. 아메바는 원생생물계에 속한다.

ㄷ. 대장균은 단세포 원핵생물이지만, 아메바는 단세포 진핵생물이다.

544 무궁화와 송이버섯은 핵막이 있고, 포도상구균은 핵막이 없다. 무궁화, 송이버섯, 포도상구균은 모두 세포벽이 있다. 따라서 ⓐ는 '세포벽이 있다.'이고, ⓑ는 '핵막이 있다.'이다.

ㄱ. A는 포도상구균이고, B와 C는 각각 무궁화와 송이버섯 중 하나이다.

바로알기 | ㄴ. 진핵생물인 무궁화와 송이버섯은 모두 막성 세포소기관이 있다.

ㄷ. ⓑ는 '핵막이 있다.'이다.

545

특징
• 원핵생물이다. • 다세포생물이다. • 몸이 균사로 이루어져 있다. • 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있다.

(가)

생물	계명	특징의 개수
짚신벌레 A	원생생물계	0
메테인생성균 B	? 고균계	ⓐ 1
고사리 C	식물계	1
먹물버섯 D	균계	ⓑ 2
남세균 E	? (진정세균계)	2

(나)

❶ 원핵생물은 남세균과 메테인생성균이고, 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있는 것은 남세균이다. 몸이 균사로 이루어진 것은 먹물버섯이고, 다세포생물은 고사리와 먹물버섯이다.

❷ 고사리는 1가지, 남세균은 2가지, 짚신벌레는 0가지, 먹물버섯은 2가지, 메테인생성균은 1가지 특징을 가진다.

❸ 원생생물계에 속하는 A는 짚신벌레, 식물계에 속하는 C는 고사리, 균계에 속하는 D는 먹물버섯이다. 따라서 ⓑ는 2이다.

❹ 특징의 개수가 2인 E는 남세균이고, B는 메테인생성균이다.

ㄱ. ⓐ는 1, ⓑ는 2이므로 ⓐ+ⓑ=3이다.

ㄴ. 먹물버섯(D)의 몸은 균사로 이루어져 있고, 포자로 번식한다.

바로알기 | ㄷ. B는 메테인생성균으로 고균역 고균계에 속하고, E는 남세균으로 세균역 진정세균계에 속하므로, B와 E는 서로 다른 역에 속한다.

22 식물과 동물의 분류

빈출 자료 보기 169쪽

546 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○

546 A는 완두, B는 고사리, C는 우산이끼, D는 소나무이다.

(2) 고사리(B)와 우산이끼(C)는 포자로 번식하고, 완두(A)와 소나무(D)는 종자로 번식한다.

(6) 식물은 엽록체가 있어 광합성을 하는 독립영양생물이므로, '엽록체가 있다.'는 ㉠에 해당한다.

바로알기 | (1) A는 완두이다.

(3) 우산이끼(C)는 관다발이 없는 비관다발식물이다.

(4) 소나무(D)는 겉씨식물(문)에 속한다.

(5) ⓐ는 '○'이고, ⓑ는 '×'이다.

난이도별 필수 기출 170쪽~173쪽

547 ⑤ 548 해설 참조 549 ② 550 ③ 551 ⑤
552 ① 553 ② 554 ③ 555 ① 556 ③ 557 ②
558 ② 559 ① 560 ㉠ (라), ㉡ (가), ㉢ (다), ㉣ (나), ㉤ (마)
561 A: 갯지렁이, B: 선충, C: 우렁쉥이, D: 말미잘
562 해설 참조 563 ③ 564 ③ 565 ①

547 **바로알기** | ⑤ 식물 세포에는 세포막 바깥에 셀룰로스로 이루어진 세포벽이 있다. 균계에 속한 생물의 세포에 키틴질로 이루어진 세포벽이 있다.

548 **모범 답안** • 공통점: 포자로 번식한다. 등
• 차이점: 선태식물은 관다발이 없고, 양치식물은 관다발이 있다. 선태식물은 뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별되지 않지만, 양치식물은 뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별된다. 등

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

549 씨방, 종자, 관다발이 모두 있는 C는 속씨식물이고, 씨방, 종자, 관다발이 모두 없는 D는 선태식물이다. 겉씨식물은 관다발과 종자는 있으나 씨방이 없으므로 A이고, ⓐ는 없음이다. 양치식물은 관다발은 있으나 종자와 씨방이 없으므로 B이고, ⓑ는 없음이다. ㉠은 종자, ㉡은 씨방, ㉢은 관다발이다.
ㄷ. 겉씨식물(A)과 양치식물(B)에 모두 씨방(㉡)이 없다.
바로알기 | ㄱ. ㉢은 관다발이다.
ㄴ. D는 선태식물이다.

550 (가)는 선태식물, (나)는 양치식물, (다)는 겉씨식물이다.
ㄱ. 속씨식물만 밑씨가 씨방에 싸여 있으므로, (가)~(다)는 모두 씨방이 없다.
ㄷ. 겉씨식물(다)과 속씨식물은 모두 종자를 형성한다.
바로알기 | ㄴ. 선태식물(가)은 잎이나 뿌리와 같은 기관이 발달하지 않아 뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별되지 않는다.

551 보리는 속씨식물, 속새는 양치식물, 뿔이끼는 선태식물, 은행나무는 겉씨식물이다. 종자로 번식하는 것은 보리와 은행나무이고, 밑씨가 씨방에 싸여 있는 것은 보리(A), 밑씨가 씨방에 싸여 있지 않고 겉으로 드러나 있는 것은 은행나무(B)이다. 종자가 아닌 포자로 번식하는 것은 속새와 뿔이끼이고, 관다발이 있는 것은 속새(C), 관다발이 없는 것은 뿔이끼(D)이다.
ㄱ. A는 보리, B는 은행나무, C는 속새, D는 뿔이끼이다.
ㄴ. 겉씨식물과 양치식물은 체관과 헛물관으로 이루어진 관다발이 있다.
ㄷ. 선태식물은 잎이나 뿌리와 같은 기관이 발달하지 않았다.

552 A는 우산이끼, B는 고사리, C는 전나무이다.
ㄱ. 무궁화만 씨방이 있으므로 '씨방이 있다.'는 ㉠에 해당한다.
바로알기 | ㄴ. B와 A가 공통조상으로부터 갈라진 시기가 B와 무궁화가 공통조상으로부터 갈라진 시기보다 더 오래되었으므로, B는 A보다 무궁화와 유연관계가 더 가깝다.
ㄷ. 전나무(C)는 종자로 번식하는 겉씨식물이다.

553 C만 종자로 번식하므로 C는 소나무(겉씨식물)이고, A와 B 중 관다발이 없는 A는 솔이끼(선태식물), 관다발이 있는 B는 석송(양치식물)이다.
ㄷ. 양치식물(석송)과 겉씨식물(소나무)에는 체관과 헛물관으로 이루어진 관다발이 있다.
바로알기 | ㄱ. A는 솔이끼이다.
ㄴ. 소나무(C)는 겉씨식물에 속한다.

554

식물 \ 특징	㉠	㉡	㉢
A	ⓐ○	×	×
장미 B	?○	○	?○
향나무 C	○	×	○
D	○	×	×

(○: 있음, ×: 없음)
(가)

특징(㉠~㉢)
• 세포벽이 있다. ㉠ • 종자로 번식한다. ㉢ • 밑씨가 씨방에 싸여 있다. ㉡

(나)

❶ 장미만 ㉠~㉢이 모두 있다. A, C, D에는 '×'가 1개 이상 있으므로, B가 장미이다.
❷ '세포벽이 있다.'는 A~D 모두가 가지는 특징이므로 ×가 없는 ㉠이 '세포벽이 있다.'이고, ⓐ는 '○'이다.
❸ 향나무는 ㉠~㉢ 중 2가지가 있으므로 C가 향나무이고, 향나무가 가지는 특징인 ㉢은 '종자로 번식한다.'이다.
❹ ㉠만 가지는 A와 D는 각각 뿔이끼와 쇠뜨기 중 하나이고, B만 가지는 특징인 ㉡은 '밑씨가 씨방에 싸여 있다.'이다.
바로알기 | ㄷ. 향나무(C)는 종자식물 중 겉씨식물에 속한다.

555

식물	특징
솔이끼 A	㉠
소철 B	㉢
솔잎난 C	㉠, ㉢
백합 D	㉡, ㉢

(가)

특징(㉠~㉢)
• 포자로 번식한다. ㉠ • 옥수수와 같은 '문'에 속한다. ㉡ • 뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별된다. ㉢

(나)

❶ D에만 ㉡이 있다. 따라서 ㉡은 '옥수수와 같은 '문'에 속한다.'이고, ㉡이 있는 D는 백합이다.
❷ 백합(D)은 ㉢도 있으므로, ㉢은 '뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별된다.'이고, 남은 ㉠은 '포자로 번식한다.'이다.
❸ ㉠만 가지는 A는 솔이끼, ㉢만 가지는 B는 소철이고, ㉠과 ㉢을 가지는 C는 솔잎난이다.
바로알기 | ㄴ. ㉢은 '뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷하게 구별된다.'이다.
ㄷ. 백합(D)은 꽃잎이나 꽃받침이 잘 발달한 꽃이 피지만, 소철(B)은 꽃잎과 꽃받침이 발달하지 않는다.

556 **바로알기** | ③ 식물은 엽록체와 세포벽이 있지만, 동물은 엽록체와 세포벽이 없다.

557 • 선형동물: 3배엽성동물, 선구동물, 좌우 대칭 동물
• 자포동물: 2배엽성동물, 방사 대칭 동물
• 척삭동물: 3배엽성동물, 후구동물, 좌우 대칭 동물
• 환형동물: 3배엽성동물, 선구동물, 좌우 대칭 동물
ㄷ. 환형동물은 좌우 대칭 동물이다.
바로알기 | ㄱ. ⓐ는 '3배엽'이고, ⓑ는 '2배엽'이다.
ㄴ. ⓒ는 '후구동물'이다.

558 몸의 대칭성이 없는 A는 해면동물이고, 중배엽을 형성하지 않는 B는 자포동물이다. C는 편형동물이다.

ㄷ. 연체동물은 좌우 대칭 동물, 3배엽성동물이다. 따라서 연체동물과 편형동물(C)의 유연관계는 연체동물과 자포동물(B)의 유연관계보다 가깝다.

바로알기 | ㄱ. 해면동물(A)은 배엽을 형성하지 않는다.

ㄴ. 절지동물의 몸이 외골격으로 싸여 있으므로 '몸이 외골격으로 싸여 있는가?'는 분류 기준 X에 해당하지 않는다.

559 해면은 해면동물, 불가사리는 극피동물, 플라나리아는 편형동물이다.

① 해면동물은 배엽을 형성하지 않아 진정한 의미의 조직이 발달하지 않는다.

바로알기 | ② 해면은 무배엽성동물이다.

③ 불가사리는 극피동물이고, 발생 과정의 한 시기에 척삭이 나타나는 동물은 척삭동물이다.

④ 플라나리아는 편형동물이다.

⑤ 플라나리아는 원구가 입이 되는 선구동물이다.

560 성게와 A~D가 공통으로 가지는 특징 ㉠은 '내배엽을 형성한다.'이고, 말미잘(D)을 제외한 나머지 동물을 두 종류씩 분류할 수 있는 특징 ㉡과 ㉣은 각각 '원구가 입이 된다.'와 '원구가 항문이 된다.'이다. 선구동물인 A가 가진 특징인 ㉢은 '환형동물이다.'이고, 후구동물인 C가 가진 특징인 ㉤은 '발생 중 척삭이 나타난다.'이다.

561 A와 B는 선구동물, C와 성게는 후구동물이고, D는 말미잘이다. 환형동물인 A는 갯지렁이, B는 선충이며, 척삭이 나타나는 C는 우렁쉥이이다.

562 모범 답안 (1) (A, B, C) 무리는 외배엽, 내배엽, 중배엽을 형성하는 3배엽성동물이고, (D) 무리는 외배엽과 내배엽만을 형성하는 2배엽성동물이다.

(2) (A) 무리는 원구가 항문이 되는 후구동물이고, (B, C) 무리는 원구가 입이 되는 선구동물이다.

채점 기준		배점
(1)	(A, B, C) 무리는 3배엽성동물이고, (D) 무리는 2배엽성동물이라는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %
	(A, B, C) 무리와 (D) 무리 중 한 가지의 배엽의 수만 옳게 서술한 경우	20 %
(2)	(A) 무리는 후구동물이고, (B, C) 무리는 선구동물이라는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	50 %
	(A) 무리와 (B, C) 무리 중 한 가지의 원구의 발생만 옳게 서술한 경우	20 %

563 (가)는 원구가 입이 되는 선구동물, (나)는 원구가 항문이 되는 후구동물의 발생 과정이다.

ㄱ. 오징어는 연체동물로, 선구동물에 속한다.

ㄷ. 극피동물과 척삭동물은 모두 후구동물에 속한다.

바로알기 | ㄴ. 3배엽성동물을 원구 발생의 차이에 따라 선구동물과 후구동물로 구분한다.

564 A~D의 공통 특징인 ㉠은 '외배엽을 형성한다.'이고, C만 가지는 특징인 ㉢은 '촉수담륜동물에 속한다.'이다. ㉡은 '원구가 입이 된다.'이다. B는 새우, C는 홍합이고, A와 D는 각각 성게와 히드라 중 하나이다.

ㄱ. 새우, 성게, 홍합, 히드라는 모두 외배엽을 형성하므로 ⓐ는 '○'이다. 홍합(C)은 연체동물로 촉수담륜동물에 속하므로 ⓑ는 '○'이다.

ㄷ. 새우(B)와 홍합(C)은 모두 좌우 대칭 동물이다.

바로알기 | ㄴ. ㉡은 '원구가 입이 된다.'이다.

565

특징
• 몸에 체절이 있다. • 중배엽을 형성한다. • 환형동물에 속한다. • 폐쇄혈관계를 가진다.

(가)

동물	특징의 개수
달팽이 A	1
B	2
C	ⓐ 2
거머리 D	4

(나)

• 거미, 지네(절지동물): 몸에 체절이 있고, 중배엽을 형성하며, 개방혈관계를 가진다.

• 거머리(환형동물): 몸에 체절이 있고, 중배엽을 형성하며, 폐쇄혈관계를 가진다.

• 달팽이(연체동물): 몸에 체절이 없고, 중배엽을 형성하며, 개방혈관계를 가진다.

바로알기 | ㄴ. 특징의 개수가 1개인 A는 연체동물인 달팽이이다.

ㄷ. B와 C는 각각 거미와 지네 중 하나로, 모두 절지동물이다. 따라서 C와 D의 유연관계보다 C와 B의 유연관계가 더 가깝다.

최고 수준 도전 기출 174쪽~175쪽

566 ② 567 ① 568 ⑤ 569 ③ 570 ③ 571 ② 572 ③

566 ㄷ. 기생파리가 서식하는 환경(㉠, 하와이)에서는 울음소리를 내지 않는 수컷 초원귀뚜라미가 암컷에게 선택되는 비율이 높다. 이는 울음소리 때문에 기생파리에 노출될 확률이 높기 때문이다. 반면 기생파리가 서식하지 않는 환경(㉡, 호주)에서는 울음소리를 잘 내는 수컷 초원귀뚜라미가 암컷에게 선택되는 비율이 높다. 이는 울음소리를 이용하여 암컷이 수컷을 찾을 수 있기 때문이다. 이처럼 같은 변이라도 환경이 다르면 자연선택의 결과가 다를 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 호주에 서식하는 암컷 초원귀뚜라미는 울음소리를 잘 내는 수컷을 선호하므로 호주는 기생파리가 서식하지 않는 환경(㉡)이다. 기생파리가 서식하는 환경(㉠)은 하와이이다.

ㄴ. 기생파리가 서식하는 하와이에서는 초원귀뚜라미 암컷이 울음소리를 잘 내는 수컷을 선호하지 않는다.

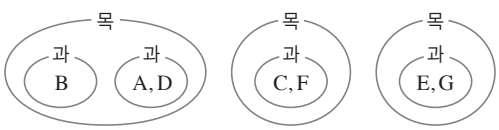
567 이주 전, Ⅰ에서 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(80\times2)+240}{800}=0.5$이고, a의 빈도$=\frac{240+(80\times2)}{800}=0.5$이다. 이주 직후, Ⅰ에서 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(72\times2)+232}{760}=\frac{376}{760}$이고, a의 빈도$=\frac{232+(76\times2)}{760}=\frac{384}{760}$이다. 이주 직후, Ⅱ에서 대립유전자 A의 빈도$=\frac{(8\times2)+8}{40}=0.6$이고, a의 빈도$=\frac{8+(4\times2)}{40}=0.4$이다.

ㄱ. Ⅰ에서 이주 전에 비해 이주 직후에 대립유전자 A의 빈도는 감소하고, a의 빈도는 증가하였으므로 Ⅰ의 유전자풀은 '이주 전'에서와 '이주 직후'에서가 서로 다르다.

바로알기 | ㄴ. 이주 직후 대립유전자 A의 빈도는 Ⅰ에서 $\frac{376}{760}$, Ⅱ에서 0.6이므로, Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 높다.
ㄷ. 주어진 자료와 가장 관련이 깊은 유전자풀의 변화 요인은 유전적 부동(창시자효과)이다.

568
집단 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 입의 길이가 긴 개체 수가 많다. 식물 ⓑ의 종자가 ⓐ의 종자보다 더 깊숙한 곳에 들어 있으므로, ⓑ를 먹이로 하는 집단에서가 ⓐ를 먹이로 하는 집단에서보다 입의 길이가 더 길다. 따라서 집단 Ⅰ은 식물 ⓑ의 종자를, 집단 Ⅱ는 식물 ⓐ의 종자를 먹고 산다.
ㄱ. 집단 Ⅰ은 식물 ⓑ(㉠)의 종자를 먹고 산다. 즉, ⓑ는 ㉠이다.
ㄴ. 집단 Ⅰ과 Ⅱ에서 입의 길이에 따른 개체 수가 다르므로 대립유전자 빈도가 다르다. 따라서 Ⅰ의 유전자풀은 Ⅱ의 유전자풀과 다르다.
ㄷ. 벌레 A의 입의 길이는 ⓑ(㉠)를 먹고 사는 집단 Ⅰ에서가 ⓐ(㉡)를 먹고 사는 집단 Ⅱ에서보다 더 길다. 이는 변이가 있는 개체군에서 자연선택이 일어나 생존에 유리한 형질을 나타내는 대립유전자의 빈도가 증가해 개체군의 유전자풀이 변한 것이다.

569
❶ 다른 속에 속하는 C와 F가 같은 ㉠에 속하고, B와 D가 같은 ㉡에 속한다고 하였으므로 ㉢이 속이다.
❷ ㉠이 목, ㉡이 과일 경우, A~G는 4개의 목(㉠)으로 구성되어야 한다. A와 D는 같은 속에 속하며, B와 D는 같은 과(㉡)에 속하므로, (A, B, D)는 같은 과, 같은 목에 속한다. E와 G는 같은 속(㉢)에 속하므로, 같은 과, 같은 목에 속한다. C와 F는 같은 목(㉠)에 속한다. 종합하면, A~G는 최대 3개의 목(㉠)으로 구성되는데, 이는 4개의 목(㉠)으로 구성된다는 조건과 모순이다.
❸ 따라서 ㉠은 과, ㉡은 목이다. A~G는 4개의 과(㉠)로 구성된다. A와 D는 같은 속에 속하므로 같은 과에 속하고, E와 G도 같은 속에 속하므로 같은 과에 속한다. C와 F도 같은 과에 속한다고 하였으므로 4개의 과(㉠)는 (A, D), (B), (C, F), (E, G)이다.



ㄱ. 같은 과(㉠)에 속하는 생물은 모두 같은 목(㉡)에 속한다.
ㄷ. E와 G는 같은 속(㉢)에 속하므로, G의 속명은 '*Triticum*'이다.
바로알기 | ㄴ. A와 B는 다른 과, 같은 목에 속한다.

570
❶ 선충은 선형동물, 지네는 절지동물, 거머리는 환형동물, 달팽이는 연체동물에 속한다.
❷ 특징 ㉠~㉤ 중 4가지(원구가 입이 된다. 몸에 체절이 있다. 폐쇄혈관계를 갖는다. 발생 과정에서 담륜자 유생 시기를 거친다.)를 갖는 동물인 B는 거머리이다.
❸ A~D가 모두 갖는 특징 ㉠은 '원구가 입이 된다.'이고, B만 갖는 특징 ㉢은 '폐쇄혈관계를 갖는다.'이며, 특징 ㉡과 ㉤은 각각 '몸에 체절이 있다.'와 '발생 과정에서 담륜자 유생 시기를 거친다.' 중 하나이다. 또 특징 ㉣과 ㉤은 각각 '몸에 체절이 없다.'와 '몸의 성장을 위해 탈피를 한다.' 중 하나이다.
❹ B와 ㉠ 외에 공통으로 가지는 특징이 없고, B가 갖지 않는 특징 ㉤을 갖는 동물인 C는 선충이다.
ㄱ. B는 거머리, C는 선충이고, A와 D는 각각 지네와 달팽이 중 하나이다.
ㄴ. 연체동물과 절지동물은 개방혈관계를 갖고 있으므로, A와 D는 모두 개방혈관계를 갖는다.
바로알기 | ㄷ. 특징 ㉤은 '몸에 체절이 없다.'와 '몸의 성장을 위해 탈피를 한다.' 중 하나이다.

571
(가)

생물 \ 특징	㉠	㉡	㉢	㉣
효모 A	ⓐ○	×	○	×
대장균 B	?○	○	?○	?○
메테인생성균 C	○	×	○	ⓑ○
침팬지 D	×	ⓒ×	×	×
고사리 E	○	×	×	×

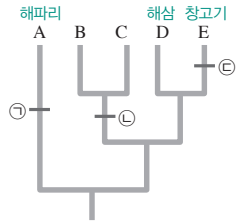
(○: 있음, ×: 없음)

(나)

특징(㉠~㉣)
- 원핵생물이다. ㉣
- 세포벽이 있다. ㉠
- 단세포생물이다. ㉢
- 세균역 진정세균계에 속한다. ㉡

- 효모(균계): 단세포 진핵생물, 세포벽 있음
- 고사리(식물계): 다세포 진핵생물, 세포벽 있음
- 대장균(진정세균계): 단세포 원핵생물, 세포벽 있음
- 메테인생성균(고균계): 단세포 원핵생물, 세포벽 있음
- 침팬지(동물계): 다세포 진핵생물, 세포벽 없음

❶ 대장균은 특징 ㉠~㉣을 모두 가지고 있다. 따라서 표에서 ×가 없는 B가 대장균이다.
❷ 침팬지는 특징 ㉠~㉣을 모두 갖지 않으므로 ○가 없는 D이고, ⓒ는 '×'이다.
❸ 효모는 2개, 메테인생성균은 3개의 특징을 갖고, 고사리는 특징을 1개 가지므로 E는 고사리이고, 고사리가 갖는 특징 ㉠이 '세포벽이 있다.'이다. '세포벽이 있다.'는 효모, 고사리, 대장균, 메테인생성균의 공통 특징이므로 ⓐ는 '○'이고, 특징이 2개인 A는 효모이다.
❹ C는 메테인생성균이고 ⓑ는 '○'이며, 대장균과 메테인생성균만 가지는 특징 ㉣은 '원핵생물이다.'이다. 대장균만 갖는 특징 ㉡은 '세균역 진정세균계에 속한다.'이고, ㉢은 '단세포생물이다.'이다.
바로알기 | ㄱ. ⓐ와 ⓑ는 '○'이고, ⓒ는 '×'이다.
ㄷ. 균계는 식물계보다 동물계와 유연관계가 더 가까우므로, 효모(A)와 침팬지(D)의 유연관계는 효모(A)와 고사리(E)의 유연관계보다 가깝다.

572


특징(㉠~㉢)
- 선구동물이다. ㉡
- 척삭이 나타난다. ㉢
- 몸의 중심을 지나는 대칭면이 여러 개이다. ㉠

몸의 중심을 지나는 대칭면이 여러 개(㉠)인 A는 해파리(자포동물)이다. 선구동물(㉡)인 B와 C는 각각 촌충(편형동물)과 회충(선형동물) 중 하나이며, 척삭이 나타나는(㉢) E는 창고기(척삭동물)이다. D는 해삼(극피동물)이다.
ㄱ. 해파리(A)는 자포동물에 속하며, 자포동물은 자세포가 있는 촉수를 이용하여 먹이를 잡아먹거나 몸을 보호한다.
ㄷ. 해삼(D)은 극피동물에 속하며, 극피동물은 물이 몸 안으로 흐르면서 순환, 호흡, 운동의 복합적인 역할을 하는 수관계를 가진다.
바로알기 | ㄴ. 촌충은 촉수담륜동물이지만, 회충은 탈피동물이다.

MEMO