

. 항상성과 몸의 조절

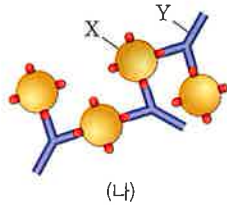
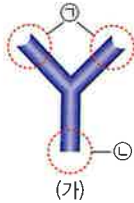
2. 우리 몸의 방어작용

02

항원항체반응과 백신

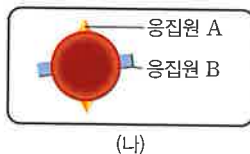
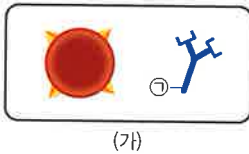
개념 기본 문제

01 그림 (가)는 어떤 사람이 병원체 X에 감염되었을 때 생성된 항체 Y의 구조를, (나)는 X와 Y의 결합을 나타낸 것이다.



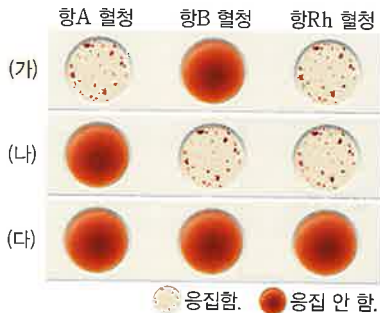
- (1) (가)의 ㉠, ㉡ 중 항원과 결합하는 부위의 기호를 쓰시오.
- (2) 항체 Y가 X의 특정 항원과만 결합하는 특성을 무엇이라고 하는지 쓰시오.

02 그림은 (가), (나) 두 사람의 혈액을 나타낸 모식도이다.



- (1) (가), (나)의 ABO식 혈액형을 각각 쓰시오.
- (2) (가)의 응집소 ㉠은 무엇인지 쓰시오.

03 그림은 혈액형 판정 실험에서 모둠원 (가)~(다)의 혈액형 판정 결과를 나타낸 것이다.



(가)~(다)의 ABO식 혈액형과 Rh식 혈액형을 각각 쓰시오.

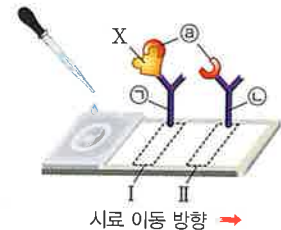
02 항원항체반응과 백신

04 그림은 붉은털원숭이의 혈액을 토끼에게 주사하여 토끼의 혈액에서 혈청 ㉠을 얻는 과정을 나타낸 것이다.



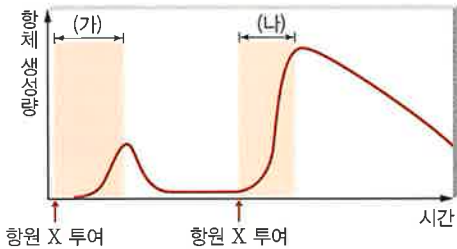
- (1) Rh 응집원과 Rh 응집소 중 혈청 ㉠에 있는 것을 모두 쓰시오.
- (2) 사람의 혈액을 혈청 ㉠에 떨어뜨렸을 때 응집반응이 일어나는 혈액형은 무엇인지 쓰시오.

05 그림은 진단 키트를 이용해 병원체 X의 감염 여부를 확인하는 모습을 나타낸 것이다. 단, ㉠은 색소가 부착되어 있고 시료와 함께 이동하며 병원체 X와 결합할 수 있다.



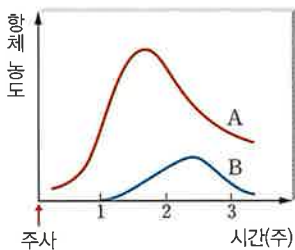
- (1) ㉠, ㉡ 중 ㉠에 대한 항체를 골라 기호를 쓰시오.
- (2) 병원체 X에 감염되었을 때 I, II 중에서 피가 나타나는 것의 기호를 모두 쓰시오.

- 06** 그림은 항원 X에 노출된 적이 없는 생쥐의 체내에 항원 X를 투여하였을 때, 항체 생성량의 변화를 나타낸 것이다.



- (1) 항원 X에 대해서 구간 (가)와 (나)에서 나타난 면역 반응을 각각 무엇이라고 하는지 쓰시오.
- (2) 항원 X에 대한 항체 생성량이 구간 (가)와 구간 (나)에서 다른 까닭과 가장 관련이 깊은 면역 세포는 무엇인지 쓰시오.

- 07** 그림은 이전에 노출된 적이 없는 항원 X를 생쥐에 2개월 간격으로 두 차례 주사했을 때 1, 2차 주사 후 시간 경과에 따른 항체 농도의 변화를 나타낸 것이다.

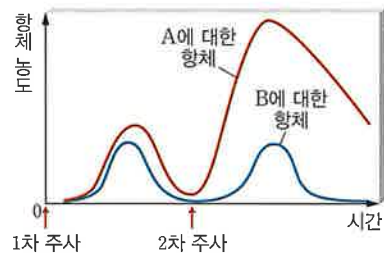


- (1) 1차, 2차 주사 후 항체의 농도 변화를 A, B 중 각각 고르시오.
- (2) 이전에 노출된 적이 없는 새로운 항원 Y를 생쥐에 주사했을 때 예상되는 항체의 농도 변화를 A, B 중 고르시오.

- 08** 병원체의 항원을 약화하는 방법 등으로 제조하여 몸에 주입함으로써 1차 면역반응을 일으켜 기억세포와 형질세포를 생성하게 하는 물질을 무엇이라고 하는지 쓰시오.

- 09** 다음은 어떤 병원체에 대한 백신을 개발하기 위한 후보 물질 A와 B의 특성에 대한 자료이다.

A와 B를 실험 동물 X에 1차 주사하고 일정 시간이 지난 뒤 A와 B를 X에 2차 주사하였다. 그림은 X에서 A와 B에 대한 혈중 항체 농도의 변화를 나타낸 것이다.



A, B 중 백신 후보 물질로 적절하다고 판단되는 것은 무엇인지 쓰시오.

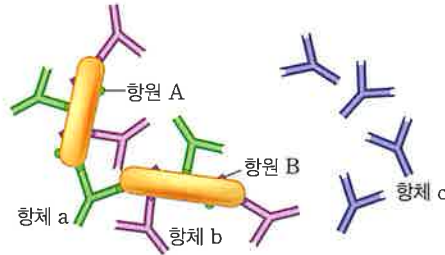
- 10** 백신에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

- (1) 백신을 접종하면 체내에서 2차 면역반응이 일어난다. ()
- (2) 변이가 심한 병원체는 새로운 백신을 계속 개발해야 하는 어려움이 있다. ()
- (3) 항원을 암호화하는 DNA나 RNA를 사용하는 백신을 핵산 백신이라고 한다. ()

개념 적용 문제

▶ 항원항체반응의 특이성

01 그림은 병원체의 표면에 있는 항원과 체액 속 항체의 상호작용을 나타낸 것이다.



▶ 항체는 항원과 결합할 수 있는 Y자 모양의 혈장 단백질로, 항원 결합 부위는 항체의 종류에 따라 다르다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

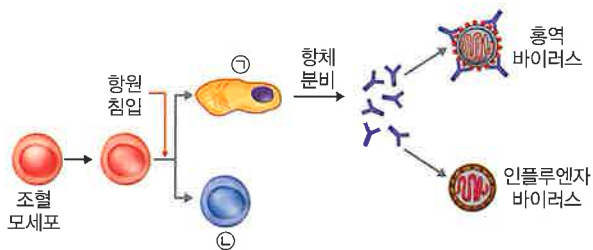
보기

- ㄱ. 항체에는 2개의 항원 결합 부위가 있다.
- ㄴ. 병원체의 세포막에는 한 종류의 항원만 있다.
- ㄷ. 하나의 항체에 두 종류의 항원이 결합할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 항원항체반응의 특이성

02 그림은 어떤 병원체가 침입했을 때 우리 몸에서 일어나는 방어작용의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 기핵세포와 형질세포 중 하나이다.



▶ 항체는 종류에 따라 항원 결합 부위가 다르기 때문에 이 결합 부위에 구조적으로 맞는 특정 항원과만 결합한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

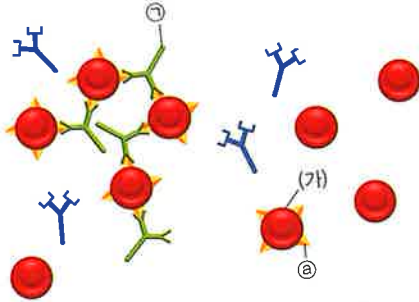
보기

- ㄱ. ㉠의 항체 생성을 유도한 병원체는 홍역 바이러스이다.
- ㄴ. ㉠에서 분비한 항체는 홍역 바이러스와 인플루엔자 바이러스 모두와 항원항체반응을 한다.
- ㄷ. 2개월 후 인플루엔자 바이러스가 체내에 침입하면 ㉡이 ㉠으로 분화한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

▶ ABO식 혈액형 판정

그림은 A형인 철수의 혈액과 혈액형을 모르는 영희의 혈액을 섞었을 때 나타나는 혈액의 응집반응을 나타낸 것이다.



▶ 혈액의 응집반응은 서로 다른 혈액이 섞였을 때 나타나는 항원항체반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

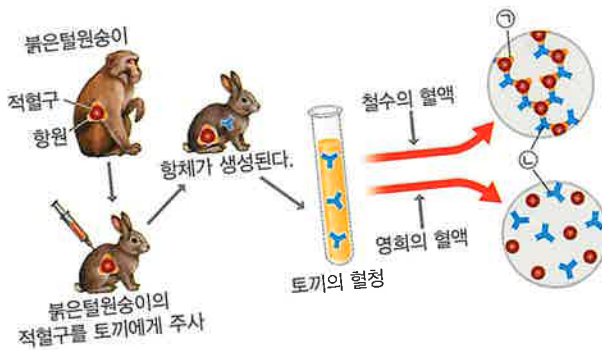
보기

- ㄱ. 영희의 ABO식 혈액형은 O형이다.
- ㄴ. (가)는 철수의 적혈구이며, (나)는 응집원 A이다.
- ㄷ. ㉠은 철수의 혈액에는 있지만 영희의 혈액에는 없다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ Rh식 혈액형 판정

04 그림은 Rh 혈청을 만들고, 이 혈청을 이용하여 철수와 영희의 Rh식 혈액형을 판정하는 과정을 나타낸 것이다.



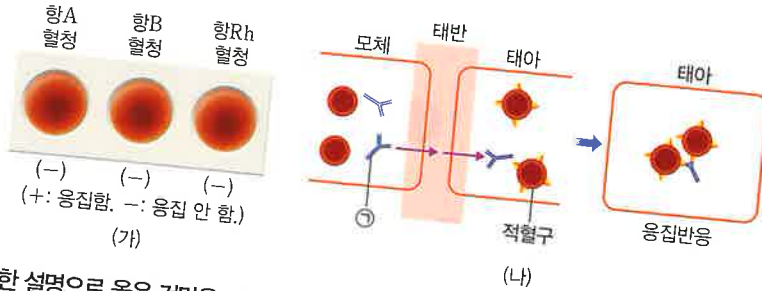
▶ 토끼의 혈청에는 붉은털원숭이의 적혈구 항원에 대한 항체가 있다. 이 항체가 바로 Rh 응집소이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① ㉠은 Rh 응집소로 토끼의 체내에서 형성된 것이다.
- ② ㉡은 토끼의 적혈구와 결합한다.
- ③ ㉢은 Rh 응집원으로 붉은털원숭이의 혈청에도 있다.
- ④ 붉은털원숭이와 철수의 적혈구에는 동일한 응집원이 있다.
- ⑤ 철수와 영희의 ABO식 혈액형이 같다면 철수의 혈액을 영희에게 2회 이상 수혈할 수 있다.

➤ 태아적혈모구증

05 그림 (가)는 어떤 여성의 혈액형 검사 결과를, (나)는 이 여성이 첫 아이를 출산한 후 둘째 아이를 임신했을 때 태아의 혈액에서 일어나는 현상을 나타낸 것이다.



➤ Rh⁻형의 혈액이 혈액에 노출되면 항응집소가 형성된다. Rh⁺ 모체의 Rh 응집소가 Rh⁺ 태아에게 전달되어 응집이 일어나는 것이 태아적혈모구증이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

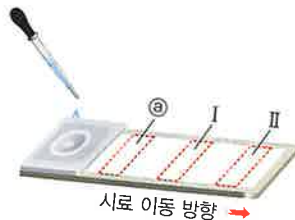
보기

- ㄱ. ㉠은 응집소 α이다.
- ㄴ. 첫째 아이는 Rh⁻형이다.
- ㄷ. 이 여성의 혈액형은 Rh⁻ O형이다.
- ㄹ. 태아의 적혈구에는 Rh 응집원이 있다.

- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄱ, ㄷ
- ③ ㄴ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄹ
- ⑤ ㄷ, ㄹ

➤ 항원 검사

06 그림은 병원체 P의 감염 여부를 확인할 수 있는 진단 키트를 나타낸 것이다. 병원체 P의 감염이 의심되는 사람에게서 채취한 시료를 키트에 떨어뜨리면 시료는 색소가 부착되어 있는 물질 ㉠와 함께 이동하며, ㉡는 병원체 P의 항원과 결합할 수 있다. I에는 병원체 P의 항원과 결합하는 항체가, II에는 ㉡와 결합하는 항체가 있다.



➤ 진단 키트는 병원체의 항원과 결합하는 항체의 특이성을 활용하여 만든 검사 도구이다. 검사선에는 항원과 결합하는 항체가 고정되어 있고, 대조선에는 색소 부착 항체와 결합하는 항체가 고정되어 있다.

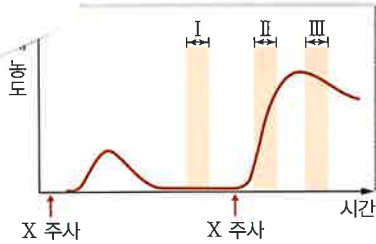
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉡는 P의 특정 단백질과 항원항체반응을 한다.
- ㄴ. 감염된 사람은 I과 II에서 모두 띠가 나타난다.
- ㄷ. 감염되지 않은 사람은 I에서만 띠가 나타난다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

'는 생쥐 A에게 X를 2회에 걸쳐 주사하였을 때, X에 대한 혈중



▷ 특정 항원이 처음 침입했을 때 나타나는 면역반응을 1차 면역반응이라고 한다. 같은 항원이 다시 침입했을 때, 1차 면역반응으로 형성된 기억세포가 빠르게 기억세포와 형질세포로 분화하여 항체가 다량 생성되는 면역반응은 2차 면역반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

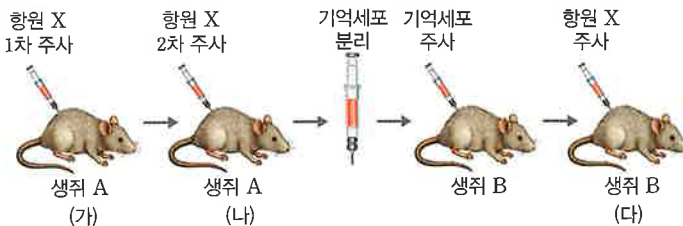
- ㄱ. 구간 I에서 A의 혈장에는 X에 대한 기억세포가 있다.
- ㄴ. 구간 II에서 기억세포로부터 분화한 형질세포가 항체를 분비한다.
- ㄷ. 구간 III에서 항원항체반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▷ 1차 면역반응과 2차 면역반응

08 그림은 항원 X를 2회 주사한 생쥐 A로부터 기억세포를 분리하여 생쥐 B에게 주사하고 4개월 후 생쥐 B에게 항원 X를 주사한 실험을 나타낸 것이다. 생쥐 A와 B는 유전적으로 동일하며 실험 전에 항원 X에 노출된 적이 없다.

▷ 항원 X에 대한 2차 면역 반응은 항원 X에 대한 기억 세포가 항원을 인식하면서부터 시작된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

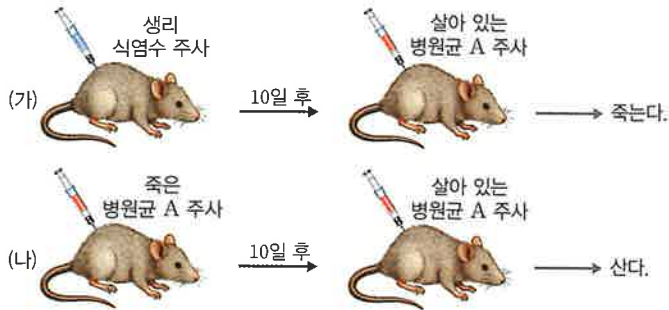
보기

- ㄱ. (가)의 생쥐 A의 체내에서 X에 특이적으로 반응하는 B림프구가 증식한다.
- ㄴ. (나)의 생쥐 A의 체내에서 B림프구가 기억세포의 분화를 촉진한다.
- ㄷ. (다)의 생쥐 B의 체내에서 X에 대한 2차 면역반응이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 백신의 원리

09 그림은 백신의 원리를 알아보기 위한 실험을 나타낸 것이다.



➤ 죽은 병원균 A는 인두, 으로 1차 면역반응을 안전히, 게 일으켜 기억세포를 생성 하게 하였으므로 백신으로 활용할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 살아 있는 병원균 A를 주사했을 때 (가)의 생쥐에서는 2차 면역반응이 일어났다.
- ㄴ. 살아 있는 병원균 A를 주사했을 때 (나)의 생쥐에서는 형질세포가 기억세포로 빠르게 분화하였다.
- ㄷ. 죽은 병원균 A는 면역 기억을 형성하는 데 도움이 된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

➤ 백신의 종류

10 표는 제조 방법에 따른 백신의 종류를 나타낸 것이다.

(가) 약독화 백신	(나) 비활성화 백신	(다) 재조합 백신	(라) ㉠ 백신
병원체의 독성을 약화하여 사용하는 백신	항원의 특성을 유지한 채 사멸시킨 병원체를 사용하는 백신	㉠ 생명공학기술로 생산한 병원체의 항원이나 항원 결정 부위를 사용하는 백신	특정 항원이나 항원 결정 부위를 암호화하는 ㉠을 사용한 백신

➤ 백신은 제조 방법에 따라 약독화 백신, 비활성화 백신, 재조합 백신, 핵산 백신 등으로 구분할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

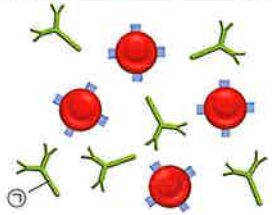
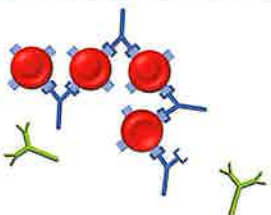
보기

- ㄱ. (가)는 가장 먼저 개발되어 사용된 백신이다.
- ㄴ. (나)는 (가)보다 안전하고 백신의 효과가 더 확실하다.
- ㄷ. ㉠에는 유전자재조합기술이 있다.
- ㄹ. ㉠은 항체 생성을 유도하는 단백질로 발현된다.

- ① ㄱ, ㄷ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

➤ 혈액의 응집반응

- 11 그림은 철수의 혈액을 항A 혈청과 항B 혈청에 각각 섞었을 때 일어나는 응집원과 응집소의 반응을 나타낸 것이다.

구분	항A 혈청	항B 혈청
응집원과 응집소의 반응		

➤ 항A 혈청에는 응집소 α 가 있고, 항B 혈청에는 응집소 β 가 있다. AB형인 사람은 적혈구 세포막에 응집원 A, B가 모두 있지만, 혈장에는 응집소가 없다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 철수의 혈장에 있다.
- ㄴ. 철수의 적혈구 세포막에는 응집원 B가 있다.
- ㄷ. 철수의 적혈구를 AB형인 사람의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 백신의 원리

- 12 다음은 인류가 천연두를 극복한 과정에 대한 자료이다.

- 치사율이 30 %이며, 얼굴에 심각한 곰보 자국을 남기는 천연두의 재앙을 막기 위해 인류는 온갖 경험과 지혜를 짜냈다. 심지어 예방을 위해 ㉠ 천연두 환자의 고름을 몸에 주입하기도 했다. 인도에서부터 유래한 이 방법은 천연두에 감염되기도 하는 등 부작용이 심했다. 그래도 이 방법은 초보적인 면역의 효시라고 할 수 있다.
- 시골 의사였던 제너는 소젖을 짜는 여인들이 우두에 걸린 소에게 감염되면 천연두에는 걸리지 않는다는 것을 알았다. 그는 우두에 감염된 여인의 손에서 ㉡ 고름을 채취하여 건강한 소년의 피부에 접종하였다. 동물 실험조차 거치지 않은 생체 실험이었지만 다행히 소년은 천연두 증상을 나타내지 않았으며 ㉢ 면역 기능을 갖게 되었다.

➤ 천연두 환자의 고름에는 천연두 바이러스가 있고, 우두에 감염된 사람에게서 채취한 고름에는 우두 바이러스가 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠에는 천연두 항원과 항체가 모두 있어 천연두의 치료제로 활용할 수 있다.
- ㄴ. ㉡을 소년에게 접종했을 때 소년의 체내에서는 2차 면역반응이 일어났다.
- ㄷ. ㉢은 우두 항원에 대한 기억세포가 형성되었음을 의미한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2 우리 몸의 방어작용

01 병원체와 방어작용

중요 개념 체크

- 95쪽 1 감염성 2 (1) × (2) ○ (3) ×
101쪽 1 염증 2 (1) × (2) ○

채점 기준	배점(%)
(1) 시상하부와 뇌하수체전엽의 호르몬 분비가 억제되어 혈중 TRH와 TSH 농도가 모두 낮아진다고 서술한 경우	40
TRH와 TSH 농도가 모두 낮아진다고만 서술한 경우	20
(2) A와 B의 혈중 타이로신 농도와 TSH 주사가 A와 B의 혈중 타이로신 농도 변화에 미친 영향을 모두 옳게 서술한 경우	60
TSH 주사가 A와 B의 혈중 타이로신 농도 변화에 미친 영향만 옳게 서술한 경우	40
A와 B의 혈중 타이로신 농도만 옳게 서술한 경우	20

- 7 포도당을 섭취하여 혈당량이 증가하면 인슐린의 분비가 촉진된다. 인슐린은 혈액 속의 포도당이 세포로 유입되는 것을 촉진하여 혈당량을 낮춘다.

모범 답안 ㉠은 인슐린으로, 이자섬 β세포에서 분비된다. 인슐린은 혈액 속의 포도당이 세포로 흡수되는 과정을 촉진하고, 간세포에서 포도당이 글라이코젠으로 전환되는 작용을 촉진하여 혈당량을 낮춘다.

채점 기준	배점(%)
인슐린 분비 세포, 간과 세포에서의 작용을 모두 옳게 서술한 경우	100
인슐린 분비 세포를 옳게 쓰고, 간과 세포에서의 작용 중 1가지만 옳게 서술한 경우	60
인슐린 분비 세포만 옳게 쓴 경우	20

- 8 운동을 하여 땀을 많이 흘리면 체내 수분량이 감소하고 혈장 삼투압이 높아진다. 그에 따라 뇌하수체후엽에서 항이뇨호르몬의 분비가 증가하여 콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하므로 진한 오줌을 소량 배설하게 된다.

모범 답안 땀을 많이 흘려 혈장 삼투압이 높아지면 항이뇨호르몬의 분비가 촉진되며, 항이뇨호르몬의 작용으로 콩팥에서 물의 재흡수가 촉진되면 오줌 생성량이 줄어들어 진한 오줌을 소량 배설하게 된다.

채점 기준	배점(%)
혈장 삼투압과 항이뇨호르몬의 관계를 들어 진한 오줌을 소량 배설하는 원리를 옳게 서술한 경우	100
항이뇨호르몬의 작용을 들어 진한 오줌을 소량 배설하는 원리를 옳게 서술한 경우	70
항이뇨호르몬의 혈중 농도가 높기 때문이라고만 서술한 경우	30

개념 기본 문제

104 ~105쪽

- 01 ㄱ, ㄷ 02 A: 원생생물, B: 세균, C: 바이러스
03 ㄱ, ㄴ 04 (1) (가) 세균, (나) 바이러스 (2) (가) 항생제, (나) 항바이러스제 05 ㉠ 원핵, ㉡ 진핵 06 수면병 07 ㉠ 선천, ㉡ 후천 08 라이소자임 09 (1) × (2) ○ (3) ○ 10 (가) B림프구, (나) T림프구 11 ㉠ 세포독성 T림프구, ㉡ 보조 T림프구, ㉢ 형질세포 12 해설 참조

- 01 ㄱ. 감염성질환은 병원체에 감염되어 발생하는 질병이다.
ㄷ. 병원체는 공기, 체액, 접촉 등에 의해 다른 사람에게 전염될 수 있다.

[바로알기] ㄴ. 혈우병은 유전병이며, 고혈압, 당뇨병은 대사성 질환으로 모두 비감염성질환에 해당한다.

ㄷ. 운동 부족, 과도한 염분 섭취 등의 생활 습관과 관련이 깊은 질병은 대사성 질환으로, 비감염성질환이다.

- 02 바이러스, 세균, 원생생물 중 세포 구조가 아닌 것은 바이러스이다. 세균은 핵막과 막으로 둘러싸인 세포소기관이 없는 원핵생물이고, 원생생물은 핵막과 막으로 둘러싸인 세포소기관이 있는 진핵생물이다.

- 03 ㄱ. 세균은 단세포 원핵생물이다. 일부 군체를 형성하는 세균도 있다.

ㄴ. 세균의 세포막 바깥쪽에는 펩티도글리칸을 포함하는 단단한 세포벽이 있다.

[바로알기] ㄷ. 세균은 스스로 물질대사를 할 수 있어 독립적으로 생명활동을 유지할 수 있다.

ㄷ. 세균은 원핵생물이므로 미토콘드리아, 엽록체와 같은 막으로 둘러싸인 세포소기관이 없다.

- 04 (1) (가)는 결핵균, (나)는 사람면역결핍바이러스이다.
(2) 세균성 질환은 항생제로, 바이러스성 질환은 항바이러스제로 치료한다. 항생제는 숙주세포에는 없고 병원체에만 있는 물질이나 효소를 공격하여 병원체의 활성을 억제하는 약물이다. 바이러스는 자신의 효소가 없고 숙주세포 안에서 숙주세포의 효소를 이용하여 물질대사를 하므로 항생제를 사용할 수 없다.
- 05 결핵의 병원체인 결핵균은 세균이고, 말라리아의 병원체인 말라리아원충은 원생동물, 무좀의 병원체인 무좀균은 균계에 속하는 곰팡이이다. 세균은 원핵생물이고, 원생동물과 곰팡이는 진핵생물이다.
- 06 수면병의 원인이 되는 병원체의 생활사에는 두 가지 이상의 숙주 생물이 필요하며, 사람이 감염되기 전에 매개 곤충을 거친다. 수면병을 매개하는 곤충은 체체파리이다. 수면병을 예방하기 위해서는 체체파리를 퇴치하기 위한 방제 작업이 필요하다.
- 07 선천면역은 병원체에 감염되기 전부터 누구나 가지고 태어나는 방어 능력으로 신속하게 일어난다. 병원체를 구분하지 않고 일어나는 비특이적 방어작용이다. 후천면역은 병원체에 노출되어 발달하는 방어 능력으로 선천면역에 비해 천천히 일어난다. 병원체의 종류에 따라 다르게 대응하는 특이적 방어작용이다.
- 08 라이소자임은 침, 눈물, 콧물 등에 들어 있는 대표적인 항균성 단백질로, 세균의 세포벽을 분해하는 효소이다.
- 09 (1) 염증 반응은 병원체가 방어벽을 뚫고 몸속으로 들어왔을 때 일어나는 선천면역으로, 백혈구가 효과적으로 병원체를 제거할 수 있도록 하는 반응이다.
(2) 병원체가 상처 부위를 통해 체내로 침입하면 상처 부위의 손상된 세포와 비만세포가 히스타민과 같은 화학 신호 물질을 분비하면서 염증 반응이 시작된다.
(3) 화학 신호 물질에 의해 모세혈관이 확장하고 물질 투과성이 증가하면서 여러 종류의 백혈구가 상처 부위로 모인다. 이 중 큰포식세포와 같은 백혈구가 식세포작용으로 병원체를 제거한다.
- 10 림프구가 생성되는 장소는 골수이다. 림프구 중 일부는 골수에서 성숙 과정을 거쳐 B림프구가 되고, 또 다른 일부 림프구는 가슴샘으로 이동한 뒤 성숙 과정을 거쳐 T림프구가 된다.

- 11 활성화된 보조 T림프구에 의해 활성화된 세포독성 T림프구가 병원체에 감염된 세포를 인식하여 직접 공격하는 면역반응을 세포성면역이라고 한다. 활성화된 보조 T림프구가 B림프구의 활성화를 돕고, 활성화된 B림프구는 형질세포와 기억세포로 분화한 다음, 형질세포에서 항체가 만들어져 체액에서 병원체의 활성을 억제하는 면역반응을 체액성면역이라고 한다.
- 12 체액성면역 과정에서 생성된 기억세포는 이후 같은 항원이 다시 침입했을 때 빠르게 기억세포와 형질세포로 분화하여 면역반응이 더 빠르고 강하게 일어나도록 한다.
- 모범 답안** 기억세포, 동일한 항원이 다시 침입하면 형질세포로 분화하여 많은 항체를 빠르게 만들어 분비한다.

재접 기준	배점(%)
기억세포라고 쓰고, 항원의 재침입 시 형질세포로 분화하여 항체를 빠르게 분비한다고 서술한 경우	100
기억세포라고 쓰고, 항원의 재침입에 대비한다고만 서술한 경우	60
㉠의 이름만 쓴 경우	30

개념 적용 문제

106~113쪽

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

- 01 (가)는 비감염성질환, (나)는 바이러스에 의해 발생하는 감염성질환, (다)는 세균에 의해 발생하는 감염성질환이다.
ㄱ. 고혈압과 당뇨병은 염분 섭취, 운동 부족과 같은 생활 습관이나 당의 대사 이상 등이 원인이 되어 나타나는 비감염성질환이다.
나. 바이러스와 같은 병원체에 감염되어 발생하는 질병은 다른 사람에게 전염된다.
- [바로알기]** 다. (다)는 세균에 의한 감염성질환으로 오염된 음식이나 접촉에 의해 감염될 수 있다. 매개 생물이 필요한 감염성질환으로는 말라리아, 수면병 등이 있다.
- 02 (가)는 결핵을 일으키는 결핵균으로 세균이고, (나)는 독감을 일으키는 인플루엔자 바이러스이다.
나. 바이러스는 세포로 구성되어 있지 않고 단백질 껍질과 유전물질인 핵산으로 이루어져 있다.

[바로알기] ㄱ. 세균은 세포 구조로 이루어져 있으며 숙주 세포 밖에서도 물질대사를 하면서 생명활동을 하는 독립된 생명체이다. 숙주세포 밖에서 단백질 결정체로 존재하는 것은 (나)와 같은 바이러스이다.

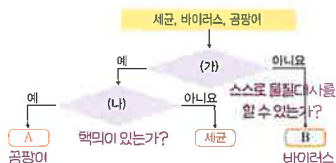
ㄷ. 세균에 의한 질병은 항생제로 치료할 수 있지만 바이러스에 의한 질병은 항생제로 치료할 수 없다. 바이러스에 의한 질병의 치료에는 주로 항바이러스제를 사용한다.

03 세균, 바이러스, 곰팡이 중에서 '스스로 물질대사를 할 수 있는가?'라는 기준에 '아니요'에 해당하는 것은 바이러스이다. 따라서 B는 바이러스, A는 곰팡이이다.

ㄴ. 곰팡이와 바이러스는 모두 단백질과 핵산을 가진다. 진핵생물인 곰팡이는 핵막이 있는 핵 안에 핵산이 있고, 세포 구조가 아닌 바이러스는 단백질 껍질 안에 핵산이 있다.

ㄷ. 곰팡이는 진핵생물이고, 세균은 원핵생물이므로 '핵막이 있는가?'는 곰팡이와 세균을 구분하는 타당한 기준이 될 수 있다.

[바로알기] ㄱ. A는 스스로 물질대사를 할 수 있는 생물이어야 하므로 곰팡이이다.



04 파상풍을 일으키는 병원체 A는 세균이고, 독감을 일으키는 병원체 B는 바이러스이다.

ㄱ. 세균은 단세포 원핵생물로, 적절한 환경에서는 분열법으로 빠르게 증식할 수 있다. 바이러스는 세포 구조가 아니므로 분열법으로 번식하지 않는다.

[바로알기] ㄴ. '몸이 균사로 되어 있다.'는 균계에 속하는 생물에서 나타나는 특성이다.

ㄷ. 바이러스는 스스로 물질대사를 할 수 없고 숙주세포 안에서만 증식할 수 있으며, 증식 과정에서 돌연변이와 같은 유전 현상이 나타나기도 한다.

05 선천면역은 태어나면서부터 기능하는 방어작용으로, 병원체의 종류를 구별하지 않고 동일한 방식으로 일어난다. 피부, 점막 등 방어벽과 식세포작용, 염증 반응 등의 내부 방어가 선천면역에 해당한다.

ㄱ. 눈물, 콧물, 침에는 세균의 세포벽을 파괴하는 효소인 라이소자임이 들어 있어 세균의 증식을 억제하며 병원체의 침입을 차단한다.

ㄴ. 큰포식세포 등의 백혈구가 병원체나 외부의 큰 입자를 자신의 세포 안으로 끌어들이고 효소를 이용하여 분해하는 작용을 식세포작용이라고 한다.

[바로알기] ㄴ. 선천면역은 결핵균과 파상풍균을 구분하지 않고 동일한 방식으로 작용한다.

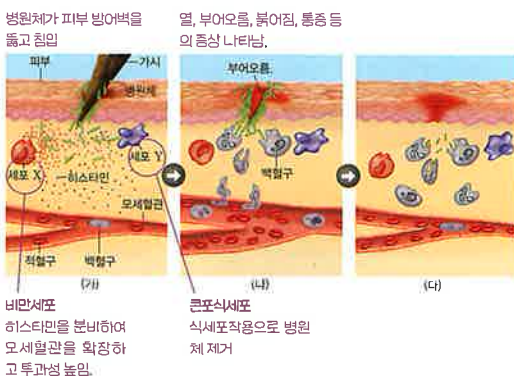
ㄷ. 체액 속의 항체가 세균, 바이러스의 항원과 결합하여 무력화하는 것은 후천면역에 해당한다.

06 염증 반응은 손상된 세포와 비만세포가 분비하는 화학 물질에 의해 일어나며, 이 과정에서 붉어짐, 열, 부어오름, 통증 등의 증상이 나타난다. 세포 X는 비만세포, 세포 Y는 큰포식세포이다.

ㄱ. 병원체가 상처를 통해 몸속에 들어오면 이를 감지한 비만세포(X)가 히스타민과 같은 화학 신호 물질을 분비하여 염증 반응이 일어난다.

ㄴ. 큰포식세포(Y)와 같은 백혈구가 식세포작용을 하여 상처 부위로 침입한 병원체를 제거한다.

ㄷ. 히스타민과 같은 화학 신호 물질에 의해 모세혈관이 확장되고 투과성이 증가하면 혈관을 따라 이동하던 여러 종류의 백혈구가 상처 부위로 모인다.



07 큰포식세포와 같은 백혈구는 손상된 세포나 병원체를 세포 안으로 들여와 효소를 이용하여 분해하는데, 이를 식세포 작용(식균작용)이라고 한다.

ㄷ. ㉠은 라이소솜이다. 라이소솜은 다양한 가수분해효소가 들어 있는 작은 주머니 모양의 세포소기관으로, 세포 안으로 들어온 병원체나 손상된 세포소기관을 분해한다.

[바로알기] ㄱ. 식세포작용은 선천면역에 해당한다. 세포성 면역는 후천면역으로 세포독성 T림프구에 의해 일어난다.

ㄴ. 식세포작용은 선천면역으로 병원체의 종류를 구분하지 않고 비특이적으로 일어난다.

08 ㉠은 골수에서 생성되어 골수에서 성숙한 B림프구이고, ㉡은 골수에서 생성된 후 가슴샘으로 이동하여 성숙한 T림프구이다.

ㄱ. B림프구(㉠)와 T림프구(㉡)는 모두 골수의 조혈 모세포에서 생성된 세포이다.

[바로알기] ㄴ. B림프구(㉠)는 보조 T림프구에 의해 활성화되어 형질세포와 기억세포로 분화한다.

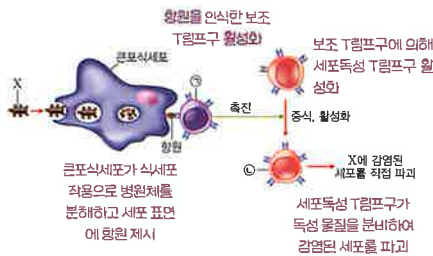
ㄷ. T림프구(㉡)는 보조 T림프구와 세포독성 T림프구로 분화한다. 항체를 생성하는 세포는 B림프구(㉠)에서 분화한 형질세포이다.

09 큰포식세포가 식세포작용으로 병원체 X를 분해하여 항원을 세포 표면에 제시하면, 항원을 인식한 보조 T림프구가 증식한다. 보조 T림프구의 도움을 받아 세포독성 T림프구가 증식하며, 활성화된 세포독성 T림프구는 독성 물질을 분비하여 감염된 세포를 파괴한다. 이 과정을 세포성면역이라고 한다.

ㄱ. 큰포식세포는 식세포작용 이후 항원을 세포 표면에 제시하여 보조 T림프구(㉢)가 항원을 인식하게 한다.

ㄴ. 보조 T림프구(㉢)는 병원체 X의 항원을 특이적으로 인식하는 세포독성 T림프구를 활성화한다.

[바로알기] ㄷ. ㉡은 감염된 세포를 직접 파괴하므로 세포독성 T림프구로, 항체를 생성하지 않는다. 항체를 생성하는 세포는 체액성면역에 관여하는 형질세포이다.

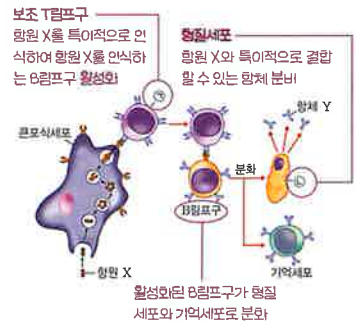


10 항체를 이용하여 병원체를 무력화하는 방어작용을 체액성면역이라고 한다. 체액성면역에는 보조 T림프구, B림프구, 형질세포, 기억세포가 관여한다. ㉠은 보조 T림프구, ㉡은 형질세포이다.

ㄱ. ㉠은 큰포식세포가 제시한 항원을 인식한 뒤 B림프구를 활성화하여 증식, 분화하도록 하므로 보조 T림프구이다. 활성화된 B림프구는 형질세포와 기억세포로 분화하며, 형질세포는 항체를 생산한다.

ㄴ. 형질세포에서 생성된 항체 Y는 항원 X와 특이적으로 결합하여 항원을 무력화한다.

[바로알기] ㄷ. 형질세포인 ㉡은 분화가 끝난 세포로 더 이상 분화하지 않는다. 항원 X의 재침입 시에 증식, 분화하는 것은 기억세포이다.



11 죽은 X를 주사한 생쥐 II에서는 후천면역이 진행되므로 (다)에서 생쥐 II의 혈장에는 죽은 X에 특이적으로 결합하는 항체가 들어 있다.

ㄴ. (나)에서 생쥐 I에게 주사한 생리식염수에는 병원체가 없으므로 생쥐 I에서는 면역반응이 일어나지 않는다. 반면 죽은 X를 주사한 생쥐 II에서는 면역반응이 일어나 항체가 생성된다.

ㄷ. 생쥐 III에 주사한 혈장에 X에 대한 항체가 들어 있으므로 생쥐 III에서 X에 대한 체액성면역이 일어난다.

[바로알기] ㄱ. 혈장에는 기억세포와 같은 혈구가 없다.

12 과정 I, II는 염증 반응, III는 항원 인식, IV는 체액성면역이 진행되는 과정을 나타낸다.

② II에서 큰포식세포와 같은 백혈구에 의해 일어나는 식세포작용은 비특이적 방어작용에 해당한다.

③ I의 화학 신호 물질은 모세혈관을 확장하고 모세혈관벽의 투과성을 증가시키므로 부어오름, 붉어짐, 열, 통증 등을 유발한다.

④ III에서 ㉠은 보조 T림프구로 큰포식세포와 같은 항원 제시 세포 표면의 항원을 인식하고 활성화되어 B림프구와 세포독성 T림프구의 증식 및 활성화를 촉진한다.

⑤ IV에서 ㉡은 B림프구로 보조 T림프구의 도움으로 증식하고 활성화되어 형질세포와 기억세포로 분화한다.

[바로알기] ① I에서 화학 신호 물질은 세균이 아니라 비만세포에서 분비된다.

13 ㉠은 세포독성 T림프구, ㉡은 B림프구, ㉢은 형질세포, ㉣은 기억세포이다. (가)는 항체에 의해 일어나는 체액성면역이다.

나. 병원체 X가 재침입하면 기억세포는 증식하여 기억세포와 형질세포로 분화할 수 있다.

다. (가)에서 체액에 있는 항체가 항원과 결합하여 항원을 무력화하는 체액성면역이 진행된다.

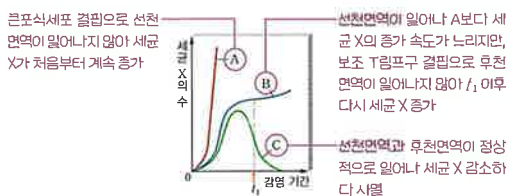
[바로알기] ㄱ. ㉠, ㉡ 모두 항원을 인식하여 특이적인 방어 작용을 한다.

- 14 A는 큰포식세포가 결핍된 생쥐, B는 보조 T림프구가 결핍된 생쥐, C는 정상 생쥐이다.

나. 보조 T림프구가 결핍되더라도 선천면역인 식세포작용은 일어날 수 있다.

[바로알기] ㄱ. A에서는 세균 X에 감염된 즉시 X의 수가 급격히 증가하여 감소하지 않으므로 면역작용이 일어나지 않았다. 따라서 A는 큰포식세포가 결핍된 생쥐이다.

다. t_1 시점에서 C는 B보다 체내 세균 X의 수가 적으므로 C에서의 항체 농도가 B에서의 항체 농도보다 높다고 판단할 수 있다.



- 15 독감의 병원체는 바이러스이고, 결핵의 병원체는 세균이며, 말라리아의 병원체는 말라리아원충이다. B는 스스로 물질대사를 하지 못하므로 바이러스이다. A는 핵막이 없으므로 원핵생물인 세균이다. 따라서 C는 진핵생물인 말라리아원충이다.

나. 바이러스(B)는 숙주세포가 없으면 증식하지 못하므로 배양할 때 살아 있는 숙주세포가 필요하다.

다. 인체에 감염된 말라리아원충(C)은 사람의 적혈구에서 증식한 뒤 적혈구를 파괴하고 나오는데, 이 때문에 고열이 발생하며 말라리아 증상을 나타낸다.

[바로알기] ㄱ. 세균(A)에 감염되면 항생제를 사용하여 치료한다. 돌연변이가 쉽게 일어나 치료제 개발이 쉽지 않은 것은 바이러스(B)이다.

- 16 나. 생쥐 A에서 분리한 혈장에는 X에 특이적으로 반응하는 항체가 들어 있다. I의 생쥐 B는 생쥐 A로부터 X에 대한 항체가 들어 있는 혈장을 받은 뒤 X에 감염되었으므로, 생쥐 B에서는 X에 대한 항체가 항원과 결합하는 반응이 일어난다.

다. II에서 생쥐 C는 생쥐 B보다 체내에 살아 있는 X의 수가 적으므로 체내 항체 농도는 C에서보다 B에서보다 높다고 판단할 수 있다. 생쥐 C는 생쥐 A로부터 항원을 인식한 보조 T림프구를 받았으므로 B림프구가 활성화되어 형질세포에서 항체가 생산되고 항체가 항원과 결합하는 체액성면역이 일어난다.

[바로알기] ㄱ. 혈장은 혈구를 제외한 성분이므로 항체를 생산하는 형질세포는 혈장에 없다.

02 항원항체반응과 백신

중요 개념 체크

116쪽 1 2

2 (1) ○ (2) ×

119쪽 1 1차

2 (1) ○ (2) ×

탐구 확인 문제

120쪽

1 ①

2 ③

- 1 Rh⁺ A형 혈액은 항A 혈청과 항Rh 혈청에서 응집반응이 나타나며, Rh⁺ AB형 혈액은 항A 혈청과 항Rh 혈청뿐만 아니라 항B 혈청에서도 응집반응이 나타난다. 과정 (나)에서 항A 혈청에 사용한 이췌시개를 항B 혈청에도 사용하면 항A 혈청의 성분과 영미의 혈액 성분이 항B 혈청에 섞일 수 있다. 즉, 혈액과 혈청을 섞을 때 1개의 이췌시개만 사용하면 혈청과 혈액이 서로 섞여서 정확한 결과를 확인하기 어렵다.

[바로알기] ② 응집반응 유무를 반대로 판별했다면 영미의 혈액형은 Rh⁻ B형으로 판정되었을 것이다.

④ 항A 혈청과 항B 혈청의 이름표가 바뀌었다면 영미의 혈액형은 Rh⁺ B형으로 판정되었을 것이다.

- 2 지훈이의 혈액은 항A 혈청, 항Rh 혈청에서는 응집반응이 일어나지 않았고 항B 혈청에서만 응집반응이 일어났다. 이를 통해 지훈이의 혈액은 적혈구에 응집원 B만 있는 Rh⁻ B형임을 알 수 있다.

[바로알기] ③ B형의 혈장에는 응집소 β는 없고 응집소 α가 있다.

능백 실전 문제 풀어보기

나. (나)의 키트에는 특정 항원에 특이적으로 결합하는 항체가 부착되어 있어서 채취한 시료에 병원체의 항원 단백질이 있을 경우 부착되어 있는 항체와 항원항체반응이 일어난다.

다. (나)는 항원항체반응이라는 과학 원리가 적용되어 유용한 도구로 활용되고 있는 사례 중 하나이다.

[바로알기] ㄱ. (나)는 병원체의 항원 단백질 유무를 확인할 수 있는 도구이다.

[정답] ④

기본 문제

124~125쪽

- 01 (1) ㉠ (2) 항원항체반응의 특이성 02 (1) (가) A형, (나) AB형 (2) 응집소 β 03 (가) Rh^+ A형, (나) Rh^+ B형, (다) Rh^- O형 04 (1) Rh 응집소 (2) Rh^+ 형
05 (1) ㉠ (2) I, II 06 (1) (가) 1차 면역반응, (나) 2차 면역반응 (2) 기억세포 07 (1) 1차 주사 후: B, 2차 주사 후: A (2) B 08 백신 09 A 10 (1) $\times$ (2) $\circ$ (3) $\circ$

01 (1) (가)의 ㉠은 항원과 결합하는 항원 결합 부위이고, ㉡은 항체의 불변 부위 중 일부이다.

(2) 항체는 항원 결합 부위에 맞는 특정 항원과만 결합하는 특성이 있는데, 이를 항원항체반응의 특이성이라고 한다.

02 (1) (가)의 혈액에는 응집원 A와 응집소 ㉠이 있으므로 (가)는 A형이고, (나)의 혈액에는 응집원 A, B가 모두 있고 응집소가 없으므로 (나)는 AB형이다.

(2) A형인 사람의 혈장에는 응집소 β 가 있다.

A형	B형	AB형	O형
응집원 A	응집원 B	응집원 A 응집원 B	응집원 없음.
		응집소 없음.	
항A 혈청에서 응집함.	항B 혈청에서 응집함.	항A 혈청, 항B 혈청에서 모두 응집함.	항A 혈청, 항B 혈청에서 모두 응집하지 않음.

03 항A 혈청에서 응집반응이 일어나면 적혈구에 응집원 A가, 항B 혈청에서 응집반응이 일어나면 적혈구에 응집원 B가, 항Rh 혈청에서 응집반응이 일어나면 적혈구에 Rh 응집원이 있는 것으로 판단한다. (가)는 항A 혈청과 항Rh 혈청에서 응집반응이 일어났으므로 Rh^+ A형, (나)는 항B 혈청과 항Rh 혈청에서 응집반응이 일어났으므로 Rh^+ B형, (다)는 항A 혈청, 항B 혈청, 항Rh 혈청에서 모두 응집반응이 일어나지 않았으므로 Rh^- O형이다.

04 (1) 붉은털원숭이의 적혈구에는 Rh 응집원이 있지만 토끼의 적혈구에는 Rh 응집원이 없다. 붉은털원숭이의 적혈구를 토끼에게 주사하면 토끼의 혈액에 Rh 응집소가 생성되므로, 혈청 ㉠에는 Rh 응집소가 있다.

(2) 사람의 혈액을 혈청 ㉠에 떨어뜨렸을 때 응집반응이 일어나는 것은 적혈구에 Rh 응집원이 있는 Rh^+ 형이고, 응집반응이 일어나지 않는 것은 적혈구에 Rh 응집원이 없는 Rh^- 형이다.



05 (1) ㉡는 항원과 결합하는 색소 부착 항체로 대조선에 있는 항체 ㉠과 결합한다. 색소 부착 항체는 항상 있기 때문에 진단 키트가 제대로 작동하면 ㉡가 ㉠과 결합하여 대조선(II)에 붉은색 띠가 나타난다.

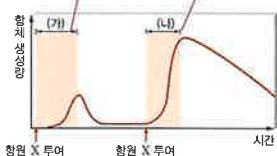
(2) II에서는 색소 부착 항체 때문에 붉은색 띠가 항상 나타나고, I에서는 시료에 항원이 있을 때 항원에 결합한 색소 부착 항체 때문에 붉은색 띠가 나타난다. 따라서 병원체 X에 감염되었을 때에는 I(검사전)과 II(대조선)에서 모두 붉은색 띠가 나타난다.



06 (1) 구간 (가)는 항원 X를 처음 투여했을 때 일어나는 1차 면역반응에 해당하며, (나)는 항원 X를 다시 투여했을 때 일어나는 2차 면역반응에 해당한다. 1차 면역반응에 비해 2차 면역반응이 일어날 때는 더 많은 항체가 빠른 속도로 만들어진다.

(2) 2차 면역반응인 (나) 구간에서는 1차 면역반응 시에 만들어진 기억세포가 체내에 남아 있다가 항원이 재침입하였을 때 빠르게 증식, 분화하여 형질세포를 많이 만들어 내기 때문에 항체 생성량이 1차 면역반응 시에 비해 훨씬 빠르게 증가한다.

1차 면역반응: 항원 인식과 B림프구 선별에 시간이 걸리므로 형질세포로의 분화와 항체 생성이 지연된다.
2차 면역반응: 항원을 기억하고 있는 기억세포가 빠르게 형질세포로 분화하여 다량의 항체가 빠르게 생성된다.



07 A는 2차 면역반응을, B는 1차 면역반응을 나타낸다. 항원 X를 처음 주사했을 때에는 1차 면역반응이 일어나고, 다시 주사했을 때에는 항체 농도가 빠르게 증가하는 2차 면역반응이 일어난다.

(1) 1차 주사 후에는 1차 면역반응(B)이, 2차 주사 후에는 2차 면역반응(A)이 일어난다.

(2) 새로운 항원 Y는 체내에 처음 들어온 사항이므로 Y에 대한 항체의 농도 변화는 1차 면역반응인 B와 같이 나타날 것이다.

08 인위적으로 1차 면역반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 물질을 백신이라고 한다. 병원체의 표면 단백질이나 독소 등을 사용하여 만든다.

09 백신을 접종하는 주 목적은 면역 기억을 형성하는 것이다. A는 2차 주사 후에 2차 면역반응이 나타난 것으로 보아 1차 주사 후에 성공적으로 기억세포를 생성하였음을 알 수 있다. B는 2차 주사 후에 다시 1차 면역반응이 나타났으므로 1차 주사 후에 면역 기억을 형성하는 데 실패하였음을 알 수 있다. 따라서 백신 후보 물질로 더 적절한 것은 A라고 판단할 수 있다.

10 (1) 백신을 접종하면 체내에서 1차 면역반응이 일어나 기억세포를 형성하게 된다.

(2) 독감과 같이 병원체의 유전정보가 계속 바뀌는 질병은 새로운 백신을 계속 개발해야 하는 어려움이 있다.

(3) 핵산 백신은 항원으로 작용하는 성분의 유전정보가 담긴 DNA, RNA를 활용하여 만든 백신으로, 유전정보에 따라 항원 단백질이 생성된 후 이에 대한 면역반응이 일어난다.

제12장 적응 문제

126~131쪽

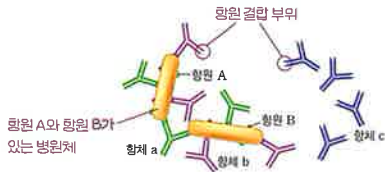
01 ①	02 ①	03 ③	04 ④	05 ⑤	06 ③
07 ④	08 ③	09 ③	10 ④	11 ③	12 ②

01 항체는 항원과 결합할 수 있는 Y자 모양의 혈장 단백질로 항원 결합 부위가 2개 있다. 항원 결합 부위는 항체의 종류에 따라 다르며, 항체는 항원 결합 부위와 맞는 특정 항원 과만 결합할 수 있다.

ㄱ. 항체의 Y자 두 팔에 항원 결합 부위가 있다.

[바로알기] ㄴ. 병원체의 세포막에는 여러 종류의 항원이 있을 수 있다. 병원체의 세포막에 항원 A와 B가 있으면 각각의 항원에 대한 항체 a, 항체 b가 병원체의 항원에 결합한다.

ㄷ. 항원 결합 부위는 항체의 종류마다 다르기 때문에 하나의 항체는 한 종류의 항원과만 결합할 수 있다.



02 항체를 분비하는 ㉠은 형질세포, ㉡은 기억세포이다.

ㄱ. 항체는 종류에 따라 항원 결합 부위가 다르기 때문에 이 결합 부위와 구조적으로 맞는 특정 항원과만 결합한다. ㉠에서 분비한 항체가 홍역 바이러스와만 항원항체반응을 한 것으로 보아 ㉠의 항체 생성을 유도한 항원은 홍역 바이러스라는 것을 알 수 있다.

[바로알기] ㄴ. ㉠에서 분비한 항체는 홍역 바이러스라고만 항원항체반응을 한다.

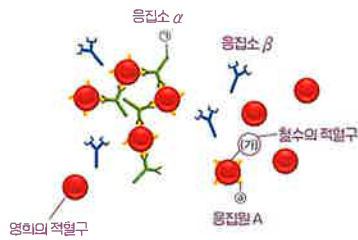
ㄷ. ㉡은 홍역 바이러스에 대한 기억세포이므로 인플루엔자 바이러스에 대해서는 면역반응을 일으키지 않는다.

03 ㉠과 ㉡이 결합한 것과 같이 적혈구의 응집원과 혈장의 응집소가 결합하는 것을 혈액의 응집반응이라고 한다.

ㄱ. 적혈구에 응집원이 있는 (가)는 A형인 철수의 적혈구이므로 응집원이 없는 적혈구가 영희의 적혈구이다. 따라서 영희의 ABO식 혈액형은 O형이다.

ㄴ. (가)는 A형인 철수의 적혈구로 ㉡은 응집원 A이다.

[바로알기] ㄷ. ㉠은 철수의 적혈구 (가)와 응집반응을 일으키므로 응집소 α이다. 영희는 O형이므로 혈장에 응집소 α와 β가 모두 있고, A형인 철수는 응집소 β만 있다.



04 토끼의 혈청에는 붉은털원숭이의 적혈구 항원에 대응하여 생성된 항체가 있다. 이 항체가 바로 Rh 응집소이다.

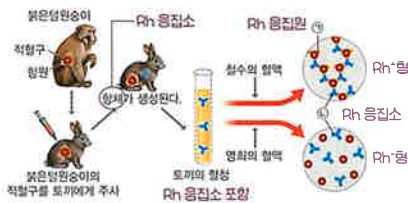
④ 토끼의 혈청에 응집반응이 일어난 철수의 혈액에는 붉은털원숭이의 적혈구에 있는 것과 동일한 응집원이 있다.

[바로알기] ① ㉠은 적혈구 표면에 있는 응집원으로 붉은털원숭이의 적혈구에 있는 항원과 동일한 항원, 즉 Rh 응집원이다.

② ㉠은 토끼의 혈청에 생긴 Rh 응집소로 Rh 응집원이 있는 적혈구와 항원항체반응을 한다. 토끼의 적혈구에는 Rh 응집원이 없기 때문에 붉은털원숭이의 적혈구를 토끼에 주사하였을 때 항체로서 Rh 응집소가 형성되었다.

③ 붉은털원숭이의 혈청에는 Rh 응집소(㉡)가 없다.

⑤ 철수는 Rh⁺형, 영희는 Rh⁻형이다. ABO식 혈액형이 같다면 철수의 혈액을 영희에게 1회는 수혈할 수 있지만, 수혈 후 영희의 혈액에 Rh 응집소가 형성되기 때문에 2회 차부터는 응집반응이 일어난다. 따라서 2회 이상 수혈할 수 없다.



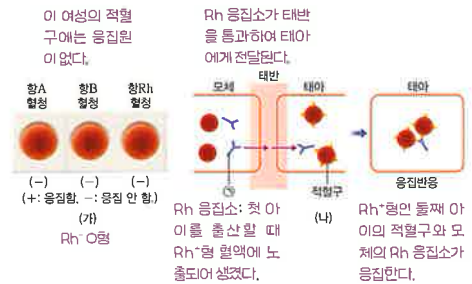
05 Rh⁻형 혈액에는 원래 Rh 응집원과 응집소가 모두 없으나, Rh 응집원을 만나면 혈장에 Rh 응집소가 만들어진다. ABO식 혈액형의 응집소인 응집소 α와 응집소 β는 크기가 커서 태반을 통과하지 못하지만 Rh 응집소는 크기가 작아서 태반을 통과할 수 있다.

㉡. (가)에서 이 여성의 혈액은 항A 혈청, 항B 혈청, 항Rh 혈청에 모두 응집하지 않았으므로 Rh⁻ O형임을 알 수 있다.

㉢. 태아의 적혈구가 Rh 응집소인 ㉠과 응집반응을 하므로 태아는 Rh 응집원이 있는 Rh⁺형임을 알 수 있다.

[바로알기] ㉡. ㉠은 태반을 통과하여 태아의 적혈구와 응집하였으므로 응집소 α가 아니다.

㉢. 첫째 아이의 출산 후 이 여성의 체내에 Rh 응집소가 생겼으므로 첫째 아이의 혈액형은 Rh⁺형이다. 첫째 아이의 Rh 응집원 때문에 이 여성의 체내에 Rh 응집소가 만들어졌다.



06 I은 P의 항원과 결합하는 항체가 부착되어 있는 검사선, II는 ④(색소 부착 항체)와 결합하는 항체가 부착되어 있는 대조선이다. 항원이 없어도 ④가 II에서 항체와 결합하므로 II에는 항상 띠가 나타난다. I은 ④와 결합한 항원이 항체와 결합하는 곳이므로 감염된 항원이 있을 때만 띠가 나타난다.

㉡. ④는 P의 항원 단백질과 결합하는 항체로 색소가 부착되어 있다.

㉢. 감염된 사람은 I, II에서 모두 항원항체반응이 일어나므로 띠가 두 줄로 표시된다.

[바로알기] ㉡. 감염되지 않은 사람은 II(대조선)에서만 띠가 나타난다.

07 특정 항원이 처음 침입했을 때 나타나는 면역반응을 1차 면역반응이라고 한다. 같은 항원이 다시 침입했을 때, 1차 면역반응으로 형성된 기억세포가 빠르게 기억세포와 형질세포로 분화하여 항체가 다량 생성되는 면역반응은 2차 면역반응이다.

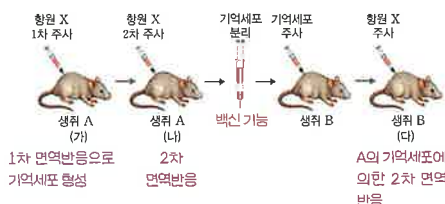
㉢. 구간 II에서는 2차 면역반응이 일어나 항체 생성량이 많고 생성 속도가 빠르다.

㉡. 구간 III에서는 항원 X와 그에 대한 항체의 항원항체반응이 일어난다.

[바로알기] ㉡. 구간 II에서 2차 면역반응이 나타났으므로 1차 면역반응에서 X에 대한 기억세포가 형성되었다. 구간 I은 1차 면역반응이 일어난 뒤이므로 기억세포가 있으나 혈장에 있는 것은 아니다. 혈장은 혈액에서 세포 성분을 제외한 노란색 액체이다.

- 08 (가)의 생쥐 A는 항원 X에 처음 노출되었으므로 체내에서 항원을 인식하고 X에 특이적으로 반응하는 B림프구가 활성화되어 1차 면역반응이 일어난다. (나)의 생쥐 A는 항원 X에 두 번째 노출되었으므로 1차 면역반응으로 만들어진 기억세포가 재침입한 항원을 인식하여 빠르게 형질세포로 분화함으로써 2차 면역반응이 일어난다. (다)의 생쥐 B는 항원 X에 대한 기억세포를 받았으므로 항원 X에 처음 노출되더라도 기억세포에 의한 2차 면역반응이 일어난다.

[바로알기] 나. 기억세포는 항원을 인식하여 분화한다.



- 09 (가)의 생쥐는 살아 있는 병원균 A를 주사했을 때 죽었으나 (나)의 생쥐는 살아 있는 병원균 A를 주사하기 전에 죽은 병원균 A를 주사하여 인위적으로 1차 면역반응을 일으켰기 때문에 살았다. 따라서 죽은 병원균 A는 면역 기억을 형성하는 백신으로 사용할 수 있다.

ㄷ. (나)에서 죽은 병원균 A는 백신으로 작용하여 1차 면역반응을 일으킴으로써 기억세포를 생성하였다. 즉, 죽은 병원균 A는 면역 기억을 형성하는 데 도움을 주었다.

[바로알기] ㄱ. 살아 있는 병원균 A를 주사했을 때 (가)의 생쥐에서는 1차 면역반응이 일어났다.

ㄴ. 살아 있는 병원균 A를 주사했을 때 (나)의 생쥐에서는 기억세포가 형질세포로 빠르게 분화하였다. 형질세포는 분화가 끝난 세포이므로 증식하거나 분화하지 않는다.

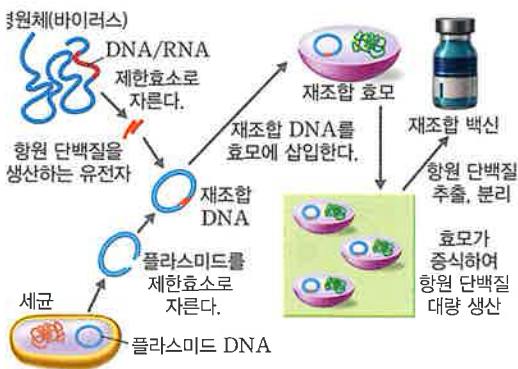
- 10 백신은 제조 방법에 따라 약독화 백신, 비활성화 백신, 재조합 백신, 핵산 백신으로 구분할 수 있다. 약독화 백신은 살아 있는 병원체의 독성을 약화한 것이다. 비활성화 백신은 면역력이 약한 사람에게도 안전하게 사용할 수 있으나 약독화 백신에 비해 효과가 약해 여러 번 접종해야 한다. 재조합 백신은 병원체의 항원 단백질을 바이러스와 유사한 모양으로 만든 것으로 유전자재조합기술을 활용한다. 핵산 백신은 DNA, RNA 등 핵산을 투여해서 항원을 발현시키는 방식이다.

ㄱ. 약독화 백신은 제너의 우두법으로부터 시작된 백신으로 가장 먼저 개발되어 사용된 방식이다.

ㄷ. 재조합 백신은 유전자재조합기술로 만들 수 있다.

ㄴ. ㉠은 핵산이다. 체내에서 항원 단백질로 발현되어 항체 생성을 유도한다.

[바로알기] 나. (나)는 (가)에 비해 안전하지만 백신의 효과는 약화되어서 여러 번 접종할 필요가 있다.



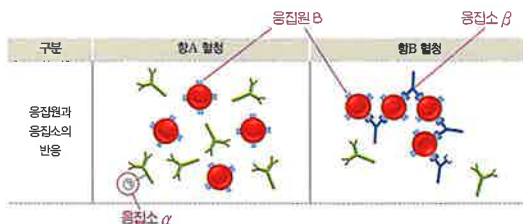
▲ 재조합 백신 생산 과정

- 11 항A 혈청에는 응집소 α 가 있고, 항B 혈청에는 응집소 β 가 있다. 철수의 혈액에는 항A 혈청에서는 응집하지 않았고 항B 혈청에서만 응집하였으므로 B형이다. B형 혈액의 적혈구에는 응집원 B가 있고 혈장에는 응집소 α 가 있다. AB형인 사람은 적혈구 세포막에 응집원 A, B가 모두 있지만 혈장에는 응집소가 없다.

ㄱ. ㉠은 B형인 철수의 적혈구와 응집하지 않았으므로 항A 혈청과 철수의 혈장에 있는 응집소 α 이다.

ㄴ. 철수의 혈액은 B형이므로 적혈구 세포막에 응집원 B가 있다.

[바로알기] ㄷ. AB형인 사람의 혈장에는 응집소가 없기 때문에 철수의 적혈구를 섞어도 응집반응이 일어나지 않는다.



- 12 천연두 환자의 고름에는 천연두 바이러스가 있고, 우두에 감염된 사람에게서 채취한 고름에는 우두 바이러스가 있다. 천연두 바이러스를 체내에 주입하면 천연두에 감염될 위험이 있지만, 우두 바이러스는 생명에 위협이 되지 않으면서 천연두 바이러스와 유사한 항원을 가지고 있어서 우두 바이러스를 주입하면 천연두 바이러스에 대항할 수 있는 면역 기능을 획득하게 된다.

ㄷ. 면역 기억의 형성은 기억세포의 생성과 관련이 있다.

[바로알기] ㄱ. ㉠에는 천연두 바이러스가 들어 있으므로 과거에 백신 대신 활용하였으나 천연두에 감염되는 경우가 많아 위험했고, 따라서 치료제라고 할 수 없다.

ㄴ. ㉡을 접종했을 때 소년의 체내에서는 안전하게 1차 면역반응이 일어났다.

중단원 핵심 정리

132~133쪽

1 비감염성질환	2 감염성질환	3 항생제
4 바이러스 (식균작용)	5 라이소자임	6 식세포작용
9 항원	10 항체	11 보조 T림프구
12 세포독성 T림프구	13 B림프구	
14 항원항체반응의 특이성	15 α	
16 β	17 Rh ⁺	18 Rh ⁻
19 항체	20 기억세포	21 백신

통합 실전 문제

134~139쪽

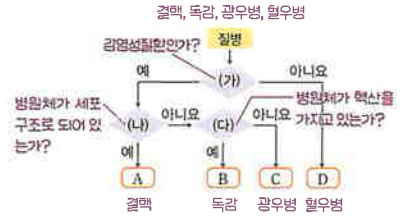
01 ③	02 ④	03 ②	04 ①	05 ②	06 ④
07 ④	08 ②	09 ㄴ	10 ⑤	11 ①	12 ⑤
13 ②	14 ③	15 ㄱ, ㄷ	16 ㄱ, ㄴ, ㄷ	17 ①	
18 ③	19 ①	20 ⑤	21 ㄱ, ㄴ	22 ⑤	

01 결핵, 독감, 광우병은 감염성질환이고, 혈우병은 유전성 질환으로 비감염성질환이다. 그러므로 (가)는 '㉠ 감염성질환인가?'이고, D는 혈우병이다. 결핵의 병원체는 결핵균으로 세포 구조로 되어 있는 원핵생물이고, 독감과 광우병의 병원체는 세포 구조가 아니므로 (나)는 '㉡ 병원체가 세포 구조로 되어 있는가?'이고, A는 결핵이다. 따라서 (다)는 '㉢ 병원체가 핵산을 가지고 있는가?'이다. 독감의 병원체는 바이러스로 단백질 껍질 안에 핵산이 있으므로 B는 독감이며, C는 광우병이다. 광우병의 병원체는 프리온으로 단백질 입자이다.

ㄱ. (가)는 ㉠, (나)는 ㉡, (다)는 ㉢이다.

ㄴ. 결핵의 병원체는 세균이므로 항생제로 치료할 수 있다.

[바로알기] ㄷ. B는 독감이며, 광우병은 C이다.



02 (가)는 결핵균, (나)는 코로나바이러스감염증-19의 병원체인 코로나 바이러스이다.

ㄱ. 세균의 일종인 결핵균은 단세포 원핵생물로 물질대사 관련 효소가 있어 스스로 물질대사를 한다.

ㄷ. 결핵과 코로나바이러스감염증-19는 병원체로 오염된 공기를 마시거나 손에 묻은 병원체가 호흡기관으로 들어오면 감염될 수 있다.

[바로알기] ㄴ. 바이러스는 세포 구조가 아니므로 세포소기관이 없다. 막으로 둘러싸인 세포소기관은 진핵생물의 세포에서 발견된다.

03 콜레라의 병원체인 콜레라균은 세균이고, 독감의 병원체인 인플루엔자 바이러스는 바이러스이다.

ㄴ. 콜레라균은 높은 온도에서 사멸하므로 물과 음식을 끓이면 콜레라 감염을 예방할 수 있다.

[바로알기] ㄱ. 말라리아원충은 원핵생물로 단세포 진핵생물이다. 모기를 매개로 사람에게 감염되어 적혈구 안에서 증식한다.

ㄷ. 바이러스는 세포 구조가 아니므로 세포분열을 통해 스스로 증식하지 못하고 살아 있는 숙주세포 안에서 단백질과 유전물질을 생산한 다음에 조합하여 세포 밖으로 나온다. 즉, 바이러스는 숙주세포 안에서만 증식할 수 있다.

04 (가)는 세균성 감염성질환, (나)는 비감염성질환, (다)는 바이러스성 감염성질환이다.

ㄱ. 세균에 감염되면 우리 몸에서는 비특이적 방어작용과 특이적 방어작용이 모두 일어난다.

[바로알기] ㄴ. 비감염성질환은 병원체의 침입으로 인한 질병이 아니므로 체내에서 방어작용이 일어나지 않는다.

ㄷ. 홍역, 독감은 바이러스성 질환이므로 질병의 병원체는 바이러스이다. 단세포 원핵생물은 (가)의 병원체이다.

05 A는 곰팡이, B는 세균, C는 바이러스이다.

ㄴ. 세균은 세포막 바깥쪽에 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있다.

[바로알기] ㄱ. 무좀의 병원체는 곰팡이이므로 A에 속하지만, 수면병의 병원체는 원생생물이므로 A에 속하지 않는다.
 ㄴ. 바이러스는 돌연변이가 자주 일어나 백신 1회 접종으로 완벽한 예방을 기대하기는 어렵지만 백신으로 예방할 수 없는 것은 아니다.

06 ㄱ. 피부의 각질층은 병원체의 침입을 막는 물리적 장벽 역할을 한다.

ㄴ. 눈물, 콧물, 침에는 세균의 세포벽을 파괴하는 라이소자임이 들어 있어 세균의 증식을 억제한다.

ㄷ. 피부, 점막과 점액에 의한 방어작용은 병원체를 구분하지 않고 진행되는 비특이적 방어작용으로 태어날 때부터 기능하는 선천면역에 해당한다.

[바로알기] ㄴ. 위벽에서 분비되는 위액은 강한 산성을 띠고 있어 음식물에 있는 병원체를 비특이적으로 제거한다.

07 백혈구의 일종인 큰포식세포는 손상된 세포나 세균을 세포안으로 들여와 분해하는 작용을 하는데, 이를 식세포작용(식균작용)이라고 한다.

ㄱ. ㉠은 세포소기관 중 하나인 라이소솜이다. 라이소솜에는 다양한 가수분해효소가 들어 있어 세포 안으로 들어온 병원체나 손상된 세포소기관을 분해한다.

ㄴ. 큰포식세포는 병원체를 식세포작용으로 분해한 다음에 항원을 세포막 표면에 제시한다. 이를 보조 T림프구가 인식함으로써 후천면역이 촉진된다.

[바로알기] ㄴ. 큰포식세포의 식세포작용은 병원체의 종류를 구분하지 않는다. 즉, 비특이적 방어작용이다.

08 피부나 점막이 손상되어 병원체가 상처 부위를 통해 체내로 침입하면 백혈구가 효과적으로 병원체를 제거할 수 있도록 염증 반응이 일어난다. 염증 반응은 손상된 세포와 면역세포가 분비하는 화학 신호 물질에 의해 일어나며, 이 과정에서 붉어짐, 열, 부어오름, 통증 등의 증상이 나타난다.

ㄴ. ㉠은 식세포작용을 하는 백혈구로 큰포식세포, 호중구 등이 해당된다. 식세포작용은 비특이적으로 일어난다.

[바로알기] ㄱ. ㉠은 비만세포가 분비하는 히스타민이다. 라이소자임은 눈물, 콧물, 침 등에 포함되어 점액에서 분비되는 방어 물질이다.

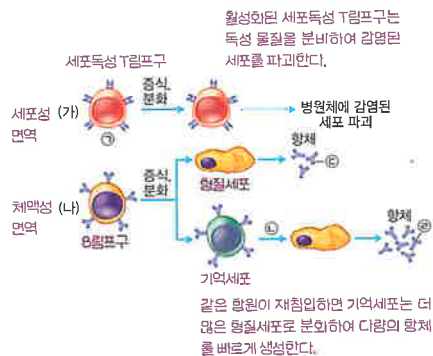
ㄴ. 히스타민이 분비되면 모세혈관이 확장되고 혈관의 투과성과 혈류량이 증가한다. 이때 백혈구와 혈장의 방어 물질이 상처 부위로 모인다.

09 면역 세포가 감염된 세포를 직접 파괴하는 (ㄱ)는 세포성면역이고, 항체를 생성하여 항원을 제거하는 (ㄴ)는 체액성면역이다.

ㄴ. ㉠은 1차 면역반응 시 생성되었던 기억세포가 형질세포로 분화하는 과정이다. 이는 항원의 재침입으로 일어나는 2차 면역반응에 해당한다.

[바로알기] ㄱ. ㉠은 세포독성 T림프구로, T림프구는 골수에서 생성된 뒤 미성숙 상태로 가슴샘으로 이동하여 성숙한다.

ㄴ. ㉡은 항원의 1차 침입으로 생성된 항체이고, ㉢은 같은 항원의 재침입으로 생성된 항체이다. 같은 항원에 대응하여 만들어진 항체는 항원 결합 부위가 동일한 같은 종류의 항체이다.



10 항체가 항원과 연쇄적으로 결합하면 덩어리가 형성되어 병원체가 이동하지 못하게 되고, 백혈구가 식세포작용으로 병원체를 쉽게 제거할 수 있다. 호중구와 같은 백혈구는 항체가 없어도 식세포작용을 할 수 있지만, 백혈구 표면에 항체의 불변 부위를 인식하는 수용체가 있어 여기에 항원항체반응을 한 항체가 결합하면 식세포작용이 촉진되고 더 강화된다.

ㄴ. 항체가 없고 세균만 있을 때도 식세포작용이 일어났으므로 호중구는 항체가 없어도 식세포작용을 할 수 있음을 알 수 있다.

ㄴ. 세균 X에 대해 Y에 대한 항체가 있을 때보다 X에 대한 항체가 있을 때 식세포작용이 훨씬 더 활발하게 일어났으므로 병원체에 특이적인 항체가 호중구의 식세포작용을 촉진한다는 것을 알 수 있다.

[바로알기] ㄱ. 호중구의 식세포작용은 병원체 감염 즉시 일어나는 비특이적 방어작용이므로 세균 X, Y를 구분하여 작용하지 않는다.

- 11 ㄱ. 큰포식세포가 식세포작용으로 병원체를 분해하여 항원을 세포 표면에 제시(나)하면, 이 항원을 보조 T림프구가 인식(라)한다. 보조 T림프구의 도움으로 B림프구가 활성화되어(가) 형질세포와 기억세포로 분화하며, 형질세포는 항체를 생성하여 분비(다)한다.

[바로알기] ㄴ. (다)의 형질세포는 분화가 끝난 세포이므로 기억세포로 분화할 수 없다.

ㄷ. (가), (다), (라)는 특이적 방어작용에 해당하지만, (나) 큰포식세포의 식세포작용은 비특이적 방어작용이다.

- 12 ㉠은 큰포식세포, ㉡은 보조 T림프구, ㉢은 세포독성 T림프구이다.

ㄱ. 백혈구의 일종인 큰포식세포(㉠)는 식세포작용을 하며, 섭취한 병원체를 분해하여 세포막 표면에 항원을 제시하는 항원 제시 세포이다.

ㄴ. 보조 T림프구(㉡)는 큰포식세포(㉠)가 제시한 항원을 인식한 뒤에 활성화하여 증식한다.

ㄷ. ㉢은 감염된 세포를 직접 공격하는 세포독성 T림프구로 세포성면역에 관여한다.

- 13 항체는 항원 결합 부위에 맞는 항원과만 결합할 수 있다. 병원체 X_1 의 표면에는 1가지 항원이, 병원체 X_2 의 표면에는 3가지의 항원이 있다.

ㄱ. 병원체 X_1 과 X_2 에는 항체 I과 결합하는 항원이 있다.

ㄴ. 병원체 X_2 의 표면에는 항체 I~III과 결합할 수 있는 항원 3가지가 모두 있다.

[바로알기] ㄷ. 병원체 X_1 이 재침입하면 2차 면역반응으로 X_1 의 항원에 결합할 수 있는 항체 I만 빠르게 생성된다.

- 14 (가)의 혈액을 항B 혈청에 섞으면 응집반응이 일어나지 않는 것으로 보아 (가)의 혈액형은 A형 또는 O형이다. 그런데 (가)의 적혈구가 (나)의 혈장에서 응집하였으므로 (가)는 O형이 아닌 A형임을 알 수 있다. 따라서 (가)의 적혈구에는 응집원 A가 있고, 혈장에는 응집소 β 가 있다. (나)의 적혈구는 (가)의 혈장에서 응집하였으므로 응집원 B가 있는 B형 또는 AB형이다. 그런데 (가)의 적혈구가 (나)의 혈장에서 응집하였으므로 (나)의 혈장에는 응집소 α 가 있음을 알 수 있다. 따라서 (나)는 B형이다.

ㄷ. B형인 (나)의 적혈구에는 응집원 B가 있으므로 응집소 β 와 응집반응, 즉 항원항체반응을 한다.

[바로알기] ㄱ. (가)는 A형이다.

ㄴ. (가)의 혈장에는 응집소 β 가 있다.

- 15 붉은털원숭이의 혈액에서 적혈구를 분리해 토끼에 주사하면 토끼의 혈액에는 붉은털원숭이의 적혈구 세포막에 있는 항원(응집원)에 대응하는 항체(응집소)가 생성된다. 이 토끼의 혈액에서 혈청을 분리해 사람의 혈액과 섞었을 때 응집되면 Rh^+ 형, 응집되지 않으면 Rh^- 형이다.

ㄱ. 분리한 토끼의 혈청에 Rh 응집소가 들어 있다. 따라서 ㉠은 항Rh 혈청이다.

ㄷ. 토끼의 혈청에 혈액을 섞었을 때 응집반응이 일어난 I은 Rh^+ 형, 응집반응이 일어나지 않은 II은 Rh^- 형이다.

[바로알기] ㄴ. 붉은털원숭이의 적혈구(㉡)에는 Rh 응집원이 있고, 토끼의 적혈구(㉢)에는 Rh 응집원이 없다.

- 16 타액 속에 항원이 있을 경우 항원은 항체 1과 결합하여 이동하다가 검사선에서 항체 2와 결합한다. 따라서 항원이 있을 때 검사선에서 붉은 띠가 나타난다. 대조선의 항체에는 항체 1이 결합하므로 항원 유무와 관계없이 대조선에서 붉은 띠가 나타난다.

ㄱ, ㄴ. 타액 속 항원은 항체 1, 항체 2와 결합한다.

ㄷ. 대조군 항체는 항원의 유무와 관계없이 항체 1과 결합한다.

- 17 우리 몸에 특정 항원이 처음 침입했을 때 일어나는 면역반응을 1차 면역반응이라고 한다. 1차 면역반응이 일어난 결과 기억세포와 형질세포가 생성된다. 기억세포는 일반적으로 몸속에 오랫동안 남아 있다가 이후 같은 항원이 다시 침입하면 빠르게 기억세포와 형질세포로 분화한다. 이때는 처음 감염되었을 때보다 많은 항체가 형질세포로부터 빠르게 생성되며, 이를 2차 면역반응이라고 한다.

ㄴ. 2차 면역반응 시 기억세포가 빠르게 형질세포로 분화하여 많은 양의 항체를 생산한다.

[바로알기] ㄱ. (가)는 X에 대한 1차 면역반응, (나)는 X에 대한 2차 면역반응이다. 항체 생성은 특정 병원체에 특이적으로 일어나는 후천면역에 해당한다.

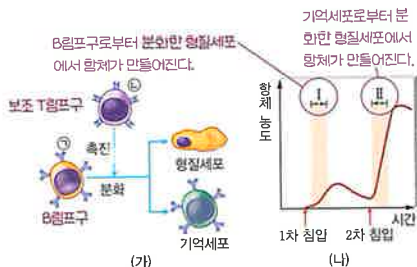
ㄷ. Y는 처음 체내에 들어온 항원이므로 B림프구가 분화한 형질세포에서 항체가 생성된다.

- 18 ㉠은 B림프구, ㉡은 보조 T림프구이다. 항원을 인식한 보조 T림프구는 인식한 항원에 해당하는 B림프구의 분화를 촉진한다.

ㄱ. B림프구(㉠)는 골수에서 생성된 뒤 골수에서 성숙한다.

ㄴ. 구간 I에서 항체 농도가 증가하는 것은 형질세포에서 항체가 만들어지기 때문이다.

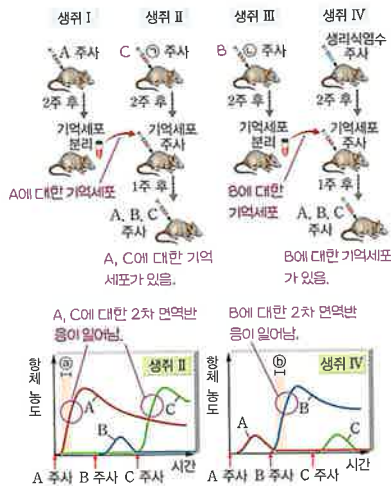
[바로알기] **ㄷ.** 구간 II에서 기억세포는 형질세포와 기억세포로 빠르게 분화한다. 구간 II에서도 항체는 형질세포에서 만들어진다.



- 19 **ㄱ.** 생쥐 II의 항체 농도 그래프에서 A, C에 대한 2차 면역반응이 나타났으므로 생쥐 II에게 주사한 ①은 C이다. 생쥐 IV는 B에 대해서만 2차 면역반응을 나타내었으므로 ①은 B이다.

[바로알기] **ㄴ.** 구간 ⑧ 시기에는 A와 C에 대한 기억세포가 있다.

ㄷ. 구간 ⑩ 시기에는 생쥐 III으로부터 받은 B에 대한 기억세포가 형질세포로 빠르게 분화한다.



- 20 구간 I과 II에서 A에 대한 2차 면역반응이 일어났고, B에 대한 1차 면역반응이 일어났다. 이는 B가 처음 체내에 들어왔을 때 B에 대한 기억세포를 형성하지 못했기 때문이다.
- ㄱ.** 형질세포에서 항체가 생성되어 항원항체반응이 일어나는 것을 체액성면역이라고 한다. 1차 면역반응과 2차 면역반응은 특이적으로 일어나는 체액성면역이며, 2차 면역반응 시 항체 생성 속도가 1차 면역반응에 비해 빠르고 항체 생성량도 많다.

ㄴ. 구간 II에서 이미 형성된 면역 기억에 따라 A에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

ㄷ. B는 기억세포를 형성하는 데 기여하지 못했고, A는 기억세포를 형성하는 데 기여했으므로 A는 B보다 백신 후보물질로 개발될 가능성이 높다.

- 21 (가)는 병원체의 독성을 약화하여 만든 약독화 백신으로, 효과가 좋은 반면 면역력이 약한 사람에게는 질병을 유발할 가능성이 있다. (나)는 사멸한 병원체로 만든 비활성화 백신으로, (가)에 비해 안전한 반면 효과가 약해서 여러 번 접종해야 한다. (다)는 재조합 백신으로 생명공학기술을 활용해 병원체에서 특정 항원만 이용하여 만든다.

ㄱ. 백신은 공통적으로 특정 항원에 대한 1차 면역반응을 인위적으로 일으켜 기억세포를 생성하게 한다. 이후 같은 항원이 다시 침입하면 2차 면역반응이 일어나므로 백신을 접종하면 감염성질환을 예방할 수 있다.

ㄴ. 비활성화 백신은 여러 번 접종해야 면역 효과를 유지할 수 있다.

[바로알기] **ㄷ.** 집단 면역은 백신의 공통적인 기능으로, 공동체의 대다수가 면역력을 획득하면 면역력이 약한 사람도 감염될 확률이 낮아져서 감염병 확산을 막을 수 있다.

- 22 병원체 X를 주사한 생쥐 A는 1일 만에 죽었으나 X*를 주사한 생쥐 B는 4주 후 2차 접종 시까지 생존했다. 또 2차 접종 후 생쥐 B의 체내에 다량의 항체가 생성되었으므로 X*는 병원체 X에 대한 백신으로 활용할 수 있다.

ㄱ. X*의 2차 주사 후 2차 면역반응이 일어난 것으로 보아 X*의 1차 주사 후 기억세포가 형성되었음을 알 수 있다.

ㄴ. X*에 의해 B의 체내에 X에 대한 기억세포가 형성되어 있으므로 X를 주사하면 2차 면역반응이 일어날 것이다.

ㄷ. X*는 X의 항원 단백질 정보를 저장한 유전물질로 만들었으므로 핵산 백신에 해당한다. 핵산 백신은 단백질 항원을 발현하여 1차 면역반응을 유도하므로 단백질 외의 항원 물질에 적용할 수 없는 한계가 있다.

HIGH TOP **심사위원 문제**

140~143쪽

- 1 ① 2 ① 3 ⑤ 4 ④ 5 ① 6 ②
7 ② 8 ①

1

자료 분석

(가) 탄저병에 걸린 양으로부터 채취한 혈액에서 ㉠과 ㉡을 발견하였다. ㉠과 ㉡은 각각 세균과 바이러스 중 하나이며 ㉢만 세균 여과기를 통과하였다.

(나) ㉠과 ㉡을 순수 분리하여 영양 배지에서 배양하였더니, ㉠만 증식하였다.

(다) 탄저병의 병원체에 노출된 적이 없는 양 집단을 둘로 나누어 한 집단에는 ㉢을, 다른 한 집단에는 ㉢을 주사하였다. ㉢을 주사한 집단의 양만 탄저병에 걸렸다.

(라) (다)의 탄저병에 걸린 양으로부터 분리한 병원체는 ㉢과 동일한 것으로 확인되었다.

- (가) 바이러스는 세균보다 크기가 작아 바이러스와 세균을 세균 여과기에 거르면 바이러스만 세균 여과기를 통과한다. 따라서 ㉢은 바이러스이다.
- (나) 영양 배지에서 스스로 증식할 수 있는 것은 분열법으로 증식하는 세균이다. 바이러스는 영양 배지에서 증식하지 못하고 살아 있는 숙주세포 안에서만 증식할 수 있다. 따라서 ㉡은 세균이다.
- (다), (라) ㉢이 탄저병의 원인이 되는 병원체이며 세균이다.

ㄱ. ㉠은 바이러스로 세균보다 크기가 작아서 세균 여과기를 통과한다.

바로알기 ㄴ. ㉡은 세균으로 단세포 원핵생물이다. 감염 시 매개 생물이 필요한 병원체는 말라리아, 수면병 등을 일으키는 원핵생물로 단세포 진핵생물이다.

ㄷ. (다)에서 ㉢을 주사한 집단은 탄저병에 걸리지 않았고, ㉢을 주사한 집단은 탄저병에 걸렸으므로 세균인 ㉢이 탄저병의 원인균이다. 따라서 탄저병을 치료하려면 항생제를 사용해야 한다.

2

자료 분석

(가) 세포벽에 펩티도글리칸이 풍부한 세균은 회색하여 3개의 시험관 A, B, C에 동일한 양을 넣고 ㉢ 용광도를 측정한다.

(나) 시험관 A에는 멸균 생리식염수를, B에는 채취한 **X 포획** **항체**를, C에는 **항비타민**을 동일한 양으로 첨가하고 37℃에서 일정 시간 둔 뒤, ㉢ 용광도를 측정한다.

(다) 용광도를 측정하여 시험관 A~C에 남아 있는 세균 수의 상댓값을 비교한 결과는 표와 같다.

구분	㉢의 결과	㉢의 결과	용광도 감소량
A	0.600	0.590	0.010
B	0.600	0.410	0.190
C	0.600	0.180	0.420

- 멸균 생리식염수를 처리한 시험관 A는 음성 대조군, 암피실린을 넣은 시험관 C는 양성 대조군이다. 암피실린은 페니실린계 항생제로, 세균의 세포벽 구성 물질인 펩티도글리칸의 합성을 억제한다.
- 멸균 생리식염수를 처리한 시험관 A에서도 세균의 자연 감소, 침전 등으로 용광도가 감소하였다.
- 용광도는 세균이 많을수록 높게 측정되고, 세균이 적을수록 낮게 측정된다. 즉, 용광도 감소량이 클수록 세균의 수가 많이 줄어든 것이며 세균 증식을 억제하는 효과가 큰 것이다.

- 눈물에 포함된 X는 항생제보다 효과가 크지는 않지만 멸균 생리식염수와 비교했을 때 어느 정도 세균의 증식을 억제하는 효과가 있음을 확인할 수 있다.
- X는 세균의 세포벽을 분해하는 라이소자임이다.

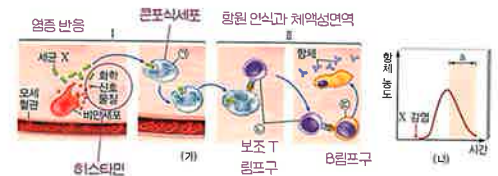
ㄱ. 눈물, 콧물 침에는 세균의 세포벽을 분해하는 효소인 라이소자임(X)이 들어 있어 세균의 증식을 억제한다.

바로알기 ㄴ. 암피실린은 펩티도글리칸 합성을 방해하여 세균의 증식을 억제하는 항생제이다.

ㄷ. B에서의 용광도 감소량보다 C에서의 용광도 감소량이 더 크므로 눈물에 포함된 X(라이소자임)가 암피실린보다 세균 증식을 억제하는 효과가 뛰어난 것은 아니다.

3

자료 분석



- I은 염증 반응을 나타낸다. 비만세포가 분비하는 화학 신호 물질은 히스타민으로, 히스타민이 분비되면 상처 부위 주변의 모세혈관이 확장하고 혈관의 투과성이 증가하여 백혈구가 상처 부위로 모이고 큰포식세포 등에 의해 식세포 작용이 활발하게 일어난다.
- 식세포작용이 일어난 뒤 큰포식세포는 X의 항원을 제시하며 이 항원을 보조 T림프구가 인식한다.
- 보조 T림프구의 도움으로 B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화하며, 형질세포는 세균 X의 항원에 대한 항체를 생산한다.

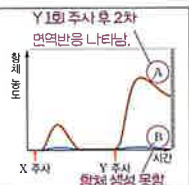
ㄱ. 상처 부위의 비만세포에서 분비되는 히스타민 등 화학 신호 물질에 의해 염증 반응이 진행된다. 히스타민에 의해 모세혈관이 확장하고 투과성이 증가하여 큰포식세포(㉠) 등 백혈구가 상처 부위로 모이고 식세포작용이 일어난다.

ㄴ. ㉠은 큰포식세포가 제시한 항원을 인식하는 보조 T림프구이고, ㉡은 보조 T림프구의 도움으로 형질세포와 기억세포로 분화하는 B림프구이다. 보조 T림프구는 인식한 항원 정보에 따라 동일한 항원을 인식하는 B림프구의 증식과 분화를 촉진한다.

ㄷ. B림프구(㉡)가 형질세포와 기억세포로 분화하며, 형질세포의 수명은 짧지만 기억세포는 수명이 길다. 구간 a에서는 X에 대한 형질세포의 수가 줄어들어 항체 농도가 감소하지만 기억세포가 남아 항원의 재침입에 대비한다.

[심원 과정 및 결과]

(나) A와 B에 X를 1회 주사하고 일정 시간이 지난 후 Y를 주사하였다. A와 B에서 X, Y에 대한 혈중 항체 농도 변화는 그림과 같다.



- 정상 생쥐 A는 T림프구와 B림프구가 정상적으로 생성된다. 가슴샘이 없는 생쥐 B는 골수에서 성숙하는 B림프구는 생성되지만, 가슴샘으로 이동하여 성숙하는 T림프구는 형성하지 못한다. 따라서 B는 보조 T림프구와 세포독성 T림프구가 결핍된 생쥐라고 판단할 수 있다.
- 보조 T림프구가 없으면 세포독성 T림프구도 활성화되지 않으며, B림프구도 형질세포와 기억세포로 분화하지 못하므로 B림프구가 있어도 정상적으로 항체가 생성되지 못한다. 따라서 생쥐 B에서는 항체가 생성되지 않았다.
- X를 주사한 뒤 Y를 주사했는데도 A에서 2차 면역반응이 나타난 것은 X, Y에 동일한 항원이 있어서 이 항원을 기억하는 기억세포가 활성화되었기 때문이다.

ㄷ. A는 Y에 노출된 적이 없으므로 Y 주사 후 A에서 항체 농도가 급격히 증가한 것은 X에 대한 기억세포가 형질세포로 분화했기 때문이다.

[바로알기] 나. 생쥐 B는 가슴샘이 없어서 T림프구를 형성하지 못하지만, 골수에서 성숙하는 B림프구는 형성된다. 항체가 생성되지 않은 것은 B림프구의 증식과 분화를 촉진하는 보조 T림프구가 없기 때문이다.

5

자료분석

	응집소 β 가 있다.	응집소 α 가 있다.
구분	A형 혈액의 혈장	B형 혈액의 혈장
천수의 혈액 A형	 응집 안 함.	 응집함.
영희의 혈액 AB형	 응집함.	 응집함.

- 철수의 혈액은 응집소 α 가 있는 B형 혈액의 혈장에서만 응집하였으므로 A형이다. $\Rightarrow$ 철수의 적혈구 세포막에는 응집원 A가 있고, 혈장에는 응집소 β 가 있다.
- 영희의 혈액은 응집소 β 가 있는 A형 혈액의 혈장과 응집소 α 가 있는 B형 혈액의 혈장에서 모두 응집하였으므로 AB형이다. $\Rightarrow$ 영희의 적혈구 세포막에는 응집원 A, B가 모두 있고, 혈장에는 응집소가 없다.

다. 철수와 영희의 혈액을 섞으면 영희의 혈액에는 응집소가 없으므로 철수의 적혈구는 응집하지 않는다. 그러나 영희의 적혈구는 응집원 B가 있어서 철수의 혈장에 있는 응집소 β 와 결합하여 응집반응이 일어난다.

6

자율분석

(다) 사람 A와 B로부터 시료를 채취하여 검사한 결과는 그림과 같다



- ①은 색소 부착 형태로 항원과 결합한다.
 ②는 ①과 결합한 항원 X와 결합한다.
 ③은 ②와 결합한다.
 검사선(I)의 ③에는 항원이 결합하므로 검사선에 피가 나타나면 체내에 항원이 들어와 감염된 것으로 판단한다.
 대조선(II)의 ③에는 색소 부착 형태가 결합하므로 항원이 없더라도 항상 붉은 피가 나타난다. 만약 대조선에서 붉은 피가 나타나지 않으면 ②가 작동하지 않는 불량 키트이다.

다. II는 색소 부착 형체가 제대로 있는지 확인하는 대조선이다. I과 II에서 모두 붉은 띠가 나타나지 않으면 ⑤가 작동하지 않는 불량 키트이므로 다시 검사해야 한다. 따라서 미감염자로 판단해서는 안 된다.

7

자료분석



- 구간 I에서는 X에 대한 1차 면역반응이 일어나므로 항원의 인식, B림프구의 분화를 거쳐 형질세포가 항체를 생산한다.
- 구간 III에서는 X에 대한 2차 면역반응이 일어나므로 기억세포가 바로 형질세포로 분화하여 항체를 생산한다. 따라서 구간 III에서는 구간 I에 비해 항체 X의 농도가 빠르게 증가한다.

ㄴ. 형질세포는 기억세포보다 수명이 짧다. 항체는 형질세포에서 생성되므로 형질세포의 수가 감소하면 항체의 농도도 감소한다.

[바로알기] ㄱ. 구간 I과 구간 III에서 항체 X를 생산하는 과정에는 차이가 있다. 구간 I에서는 비특이적 방어작용에 이어 항원 X의 인식, 보조 T림프구의 활성화, B림프구의 분화가 진행되지만, 구간 III에서는 기억세포가 항원을 인식하여 바로 형질세포로 분화한다.

ㄷ. 구간 III에서 항체 X의 농도가 급격히 증가한 것은 1차 면역반응으로 생성된 기억세포가 빠르게 형질세포와 기억세포로 분화하고 많은 수의 형질세포가 항체를 다량 생산하기 때문이다. 항원 Y의 침입은 항체 X의 농도 증가에 영향을 미치지 않는다.

8

자료 분석

(가) P의 항원 단백질을 재조합하여 ㉠과 ㉡을 만든다. **재조합 백신**

(나) P, ㉠, ㉡에 노출된 적이 없고, 유전적으로 동일한 생쥐 I~V를 준비한다.

(다) 표와 같이 주사액을 I~IV에게 주사하고 일정 시간이 지난 후, 생쥐의 생존 여부를 확인한다.

생쥐	주사액 조성	생존 여부
I	㉠	사다
II	㉡	사다
III	P	죽는다
IV	P	죽는다

(라) (다)의 II에서 ㉡에 대한 **㉢**를 분리하여 V에게 주사한다.

(마) (다)의 I과 II, (라)의 V에게 각각 P를 주사하고 일정 시간이 지난 후, 생쥐의 생존 여부를 확인한다.

생쥐	생존 여부
I	죽는다
II	사다
V	사다

㉠은 백신으로 기능하지 못했고,
㉡은 백신으로 기능했다.

- ㉠과 ㉡은 생명공학기술을 이용해 항원 단백질을 재조합하여 만든 재조합 백신이다.
- (다)에서 ㉠을 주사한 생쥐 I에게 (마)에서 병원체 P를 주사했을 때 생쥐 I이 죽었으므로 ㉠은 기억세포를 형성하지 못했고, 따라서 ㉠은 백신으로 적합하지 않다.
- (다)에서 ㉡을 주사한 생쥐 II에게 (마)에서 병원체 P를 주사했을 때 생쥐 II가 살았으므로 ㉡은 기억세포 형성을 유도하였다. 따라서 ㉡은 백신으로 활용할 수 있다.

ㄷ. X를 주사한 V에게 (마)에서 P를 주사한 결과가 생쥐 II와 동일한 것은 V에서 2차 면역반응이 일어났기 때문이다. 2차 면역반응이 일어나려면 기억세포가 있어야 하므로 생쥐 II로부터 받은 X는 기억세포이다.

[바로알기] ㄱ. (마)의 I이 죽은 것으로 보아 ㉠은 기억세포 형성을 유도하지 못했다는 것을 알 수 있다. 즉, 면역 기억을 형성하는 데 실패했다고 판단할 수 있다.

ㄴ. ㉠, ㉡은 항원 단백질을 재조합하여 만든 물질이므로 재조합 백신에 해당한다.

11교과 확장 문제

144~147쪽

1 후천성면역결핍증(AIDS)의 병원체는 바이러스이고, 결핵의 병원체는 세균이다. 세균은 단세포 원핵생물로 세포 안에는 막으로 둘러싸인 세포소기관이 없으며 적절한 환경 조건에서 분열법으로 빠르게 번식할 수 있다. 바이러스는 세균보다 크기가 작고, 세포로 구성되어 있지 않으며 유전 물질과 단백질 껍질로 이루어져 있다. 스스로 물질대사를 할 수 없으므로 영양 배지에서 증식하지 못하고 살아 있는 숙주세포 안에서만 증식할 수 있다.

[모범 답안] (1) 결핵 병원체만 증식하였다. 결핵의 병원체인 결핵균은 세균으로, 세포로 이루어져 있으므로 영양 배지에서 분열법으로 증식할 수 있지만, 후천성면역결핍증(AIDS)의 병원체인 사람면역결핍바이러스(HIV)는 스스로 물질대사를 하지 못하기 때문에 증식하려면 살아 있는 세포가 필요하다. 따라서 영양 배지에서는 증식하지 못한다.

(2) 사람면역결핍바이러스(HIV)는 주로 보조 T림프구를 숙주로 삼아 증식하기 때문에 HIV 수가 증가할수록 보조 T림프구가 파괴되어 후천면역이 잘 일어나지 못하므로 결핵 발병 확률이 높아진다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	결핵 병원체가 증식하였다고 쓰고, 바이러스와 세균의 특성을 근거로 까닭을 옳게 설명한 경우	50
	결핵 병원체가 증식하였다고 썼으나, 까닭에 대한 설명이 다소 부족한 경우	30
	결핵 병원체가 증식하였다고만 쓰고, 까닭을 설명하지 못한 경우	20
(2)	HIV가 보조 T림프구를 공격하여 후천면역이 잘 일어나지 못하기 때문이라고 옳게 설명한 경우	50
	HIV가 보조 T림프구를 공격하기 때문이라고 설명한 경우	30
	HIV 수가 증가하기 때문이라고 설명한 경우	20

- 2 병원체가 상처 부위를 통해 몸속에 들어오면 이를 감지한 비만세포가 히스타민과 같은 화학 신호 물질을 분비한다. 이 물질에 의해 모세혈관이 확장하고 모세혈관의 투과성이 증가하면 혈관을 따라 이동하던 여러 종류의 백혈구가 상처 부위로 모인다. 이 중 큰포식세포와 같은 백혈구가 식세포작용으로 몸속으로 들어온 병원체를 제거한다.

모범 답안 (1) ㉠은 비만세포이고, ㉡은 세균을 제거하는 식세포작용을 한다.

- (2) 히스타민이 분비되면 주변의 모세혈관이 확장하여 혈류량과 혈관 투과성이 증가한다. 그 결과 백혈구와 혈장이 상처 부위로 빠져나와 붉어지고 부어오르며 열이 난다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	㉠, ㉡을 모두 옳게 쓴 경우	40
	㉠, ㉡ 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	히스타민에 의해 모세혈관이 확장하여 혈류량과 혈관 투과성이 증가하기 때문이라고 설명한 경우	60
	히스타민에 의해 모세혈관이 확장하기 때문이라고만 설명한 경우	30

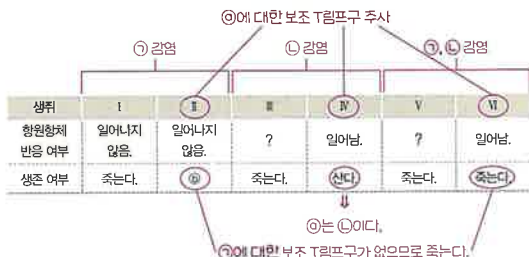
- 3 (가)는 큰포식세포가 식세포작용으로 병원체를 분해하여 병원체의 항원을 제시하는 과정으로, 이를 통해 보조 T림프구가 항원을 인식하고, 후천면역이 시작된다. (나)는 세포독성 T림프구에 의한 세포성면역이다.

모범 답안 (1) ㉠은 보조 T림프구, ㉡은 세포독성 T림프구이다. T림프구는 골수에서 생성되어 가슴샘으로 이동한 뒤 가슴샘에서 성숙한다.

- (2) 큰포식세포는 병원체 X를 식세포작용으로 분해하여 병원체 X의 항원을 세포 표면에 제시함으로써 보조 T림프구가 항원을 인식하도록 한다. 보조 T림프구는 항원에 맞는 세포독성 T림프구의 증식과 활성화를 촉진하여 세포독성 T림프구가 병원체 X에 감염된 세포를 직접 파괴하도록 한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	㉠, ㉡의 이름을 옳게 쓰고, 생성 장소와 성숙 장소를 모두 옳게 설명한 경우	40
	㉠, ㉡의 이름, 생성 장소와 성숙 장소 중 일부만 옳은 경우	각 10
(2)	식세포작용과 항원 제시 기능을 (나)의 방어작용을 포함하여 모두 옳게 설명한 경우	60
	식세포작용과 항원 제시 기능을 (나)의 방어작용을 포함하지 않고 옳게 설명한 경우	30

- 4 보조 T림프구는 항원을 인식하여 B림프구를 활성화하는데, 가슴샘이 없으면 T림프구가 성숙하지 못하여 B림프구가 활성화하지 못하므로 항체를 생성하지 못한다. IV의 생쥐가 산 것은 ㉠에 대한 보조 T림프구를 주사했기 때문이다. VI의 생쥐는 ㉠을 인식하는 보조 T림프구는 있지만 ㉡을 인식하는 보조 T림프구가 없어 죽는다. ㉡를 주입하지 않은 III과 V에서는 항원항체반응이 일어나지 않았다.



모범 답안 (1) ㉠을 주입한 생쥐 IV가 살았으므로 ㉡은 ㉠이다. 생쥐 II에는 ㉠을 주입했으므로 항원항체반응이 일어나지 않았고 ㉡은 '죽는다.'이다.

- (2) ㉠과 ㉡을 주입한 생쥐 VI에 ㉠을 인식하는 보조 T림프구를 주사하였으므로 ㉠을 인식하는 B림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생성했고 항원항체반응이 일어났다. 그러나 ㉠을 인식하는 보조 T림프구는 없으므로 ㉠을 인식하는 B림프구는 분화하지 못하였고, 그 결과 ㉠에 대항하는 항체를 생성하지 못해 죽은 것이다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	㉡와 ㉢ 모두 근거를 들어 옳게 설명한 경우	40
	㉡와 ㉢ 중 한 가지만 근거를 들어 옳게 설명한 경우	20
(2)	보조 T림프구, B림프구의 분화, 형질세포의 항체 생성을 들어 타당하게 설명한 경우	60
	㉠을 인식하는 보조 T림프구만 주사했기 때문이라고 설명한 경우	30

- 5 항원항체반응의 특이성을 이용하여 감염 여부를 조사하는 검사에는 항원 검사와 항체 검사가 있다. 항원 검사는 체내에 병원체가 있는지 여부를 알아보는 검사이고, 항체 검사는 이전에 감염된 적이 있는지, 감염으로 면역이 생겼는지를 확인하는 검사이다. 특히 항체 검사는 항체가 생성된 적이 있었는지보다는 지금 항체가 남아 있는지를 보는 검사이므로 과거에 감염되었더라도 현재 항체가 없다면 검사상 음성이 나올 수 있다.

모범답안 (1) 병원체 (가), (다)의 항원과 결합하는 항체가 있는 것으로 보아 병원체 (가), (다)에 감염된 이력이 있음을 확인할 수 있다.

(2) 해당 병원체에 감염된 적이 없거나, 감염된 적이 있다고 하더라도 가벼운 증상이거나 무증상이어서 항체가 형성되지 않았음을 의미한다. 또는 항체가 형성되었더라도 이미 사라지고 남아 있지 않아서 검사 결과가 음성으로 나온 것일 수 있다.

채점 기준		배점(%)
(1)	혈액 속에 (가), (다)의 항원과 결합한 항체가 있다는 근거를 들어 (가), (다)에 감염된 이력이 있음을 설명한 경우	60
	(가), (다)에 감염된 이력이 있다고만 설명한 경우	30
(2)	감염된 적이 없거나 항체가 남아 있지 않을 경우를 설명한 경우	40
	감염된 적이 없다고만 설명한 경우	20

- 6 사람면역결핍바이러스(HIV)에 감염되면 초기에는 방어작용에 의해 보조 T림프구의 수는 증가하고 HIV의 수는 감소하지만, 시간이 지남에 따라 HIV가 보조 T림프구를 속주로 삼아 증식하고 파괴하므로 보조 T림프구의 수는 차츰 감소한다. 보조 T림프구는 항원을 인식하고 세포성면역과 체액성면역을 촉진하는 기능을 하기 때문에 보조 T림프구의 수가 감소하면 면역반응이 제대로 일어나지 않아 시간이 지나면 HIV의 수가 다시 증가하게 된다.

모범답안 보조 T림프구는 B림프구의 증식과 분화를 촉진하며, B림프구가 형질세포와 기억세포로 분화하면 형질세포에서 항체가 만들어진다. 그런데 HIV의 공격으로 보조 T림프구의 수가 감소하면 B림프구의 분화가 제대로 일어나지 않아 항체 생성량도 감소하게 된다.

채점 기준	배점(%)
보조 T림프구의 감소가 B림프구의 분화와 형질세포의 항체 생성에 미치는 영향을 바탕으로 타당하게 서술한 경우	100
B림프구의 분화와 형질세포의 항체 생성 중 한 가지만 언급하여 옳게 서술한 경우	50

- 7 O형의 혈액에는 응집소 α , 응집소 β 가 모두 있다. 물질 X는 응집소 α 의 항원 결합 부위에, 물질 Y는 응집소 β 의 항원 결합 부위에 각각 결합하여 응집반응을 못하게 한다. 소

량의 O형 혈장에 다량의 X를 혼합하면 응집소 β 만, 다량의 Y를 혼합하면 응집소 α 만 응집소와 응집반응을 할 수 있다.

응집소 β 만 결합 가능	구분	혈수	영희	민수
응집소 α 만 결합 가능	검사 혈청 I	응집함	응집함	응집 안 함
	검사 혈청 II	응집함	응집 안 함	응집함
		응집원 A, B	응집원 B	응집원 A
		AB형	B형	A형

모범답안 검사 혈청 I에서는 응집소 β 가, 검사 혈청 II에서는 응집소 α 가 항원항체반응을 할 수 있다. 따라서 검사 혈청 I에서 응집반응이 일어나면 응집원 B가, 검사 혈청 II에서 응집반응이 일어나면 응집원 A가 있는 것으로 판단할 수 있다. 철수의 혈액은 검사 혈청 I과 II에 모두 응집하였으므로 AB형, 영희의 혈액은 검사 혈청 I에만 응집하였으므로 B형, 민수의 혈액은 검사 혈청 II에만 응집하였으므로 A형이다.

채점 기준	배점(%)
검사 혈청 I, II에서 응집반응을 일으키는 응집소를 제시하면서 철수, 영희, 민수의 혈액형을 정확하게 서술한 경우	100
검사 혈청 I과 II에 있는 응집소, 철수, 영희, 민수의 혈액형 중 일부만 옳게 서술한 경우	각 20

- 8 그림 (가)에서 백신 접종으로 감염병 X의 환자 수가 대폭 감소한 것을 확인할 수 있고, 그림 (나)의 집단 구성원 대부분이 감염병 X에 면역력이 없음을 확인할 수 있다. 집단의 대부분이 면역력을 획득한 집단 면역 상태가 되면 구성원 일부가 감염되더라도 감염병의 확산을 억제할 수 있어 면역력이 없는 사람도 감염될 확률이 낮아진다.

모범답안 (나) 집단 구성원의 대부분이 감염병 X에 대한 면역력이 없으므로 감염병 X가 유행한다면 급속히 확산될 가능성이 높다. 그러나 (가)에서 감염병 X는 백신을 접종하면 환자 수가 크게 감소한다는 것을 확인할 수 있으므로 (나) 집단에 백신 접종을 실시하여 집단 면역을 획득하게 된다면 감염병 확산을 억제할 수 있을 것이다.

채점 기준	배점(%)
자료에 대한 분석을 바탕으로 백신 접종에 따른 감염병 확산을 옳게 예측하고 백신 접종이 집단 면역에 미치는 영향을 옳게 서술한 경우	100
자료에 대한 분석 없이 백신 접종에 따른 감염병 확산에 대한 예측과 백신 접종이 집단 면역에 미치는 영향만을 옳게 서술한 경우	50

II. 항상성과 몸의 조절

1 **문제 해결 과정** (1) 자연산 복어의 체내에 테트로도톡신이 생긴 경위를 설명하고, 자연산 복어와 양식 복어의 먹이시슬 차이를 들어 양식 복어의 섭취로 테트로도톡신에 중독될 위험이 낮은 까닭을 설명한다.

(2) [제시문 2]와 [제시문 3]의 자료를 바탕으로 테트로도톡신의 작용이 활동전위의 발생을 막는 과정을 설명한다.

(3) 테트로도톡신의 작용이 생명활동에 미치는 영향을 기관계의 통합적 작용과 연관 지어 설명한다.

(해설) (1) 복어가 스스로 독을 합성하는 것이 아니라 해양 세균의 독소가 먹이사슬을 통해 복어의 체내에 축적되는 것이다. 양식 복어의 경우 자연산 복어와 같은 먹이사슬이 형성되지 않으므로 해양 세균의 독소가 체내로 들어오지 않는다.

(2) 뉴런에서 활동전위는 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 세포 안으로 유입되는 탈분극 과정을 통해 발생한다. 테트로도톡신은 뉴런이나 근육세포의 세포막에 있는 Na^+ 통로(막단백질)에 결합하여 Na^+ 통로가 열리지 않게 함으로써 활동전위의 발생을 억제한다.

(3) 테트로도톡신은 세포에 직접 피해를 주는 독소는 아니다. 그러나 테트로도톡신에 의해 신경이 마비되어 호흡기관과 순환기관의 작용이 멈추게 되면 세포의 생존에 필요한 산소, 포도당 등의 물질이 공급될 수 없어 개체는 죽음에 이르게 된다.

예시 1단 (1) 복어의 독은 복어가 스스로 합성한 것이 아니라 해양 세균의 독소가 먹이사슬을 통해 체내에 축적된 것이다. 따라서 양식 복어의 경우 해양 세균의 독소가 체내로 들어오지 않기 때문에 레트로도독신을 갖고 있을 가능성이 매우 낮다.

(2) 테트로도톡신이 뉴런이나 근육세포의 세포막에 있는 Na^+ 통로에 결합하면 역치 이상의 자극을 주어도 Na^+ 통로가 열리지 않기 때문에 탈분극이 일어나지 못한다. 따라서 막전위가 역치전위에 도달하지 못하여 활동전위가 발생하지 않는다.

(3) 테트로도톡신은 세포에 직접 피해를 주는 독소는 아니지만, 호흡 운동과 심장박동 등 여러 기관의 작용을 조절하는 신경을 마비시킨다. 그 결과 호흡 곤란, 혈액 순환 장애 등이 일어나 세포의 에너지 생산에 필요한 산소 포도당이 공급되지 못해 생명을 잃게 된다.

2 **문제 해결 과정** (1) 바이러스의 생활사를 세균과 비교하고 항바이러스제가 나타낼 수 있는 부작용을 근거로 항바이러스제 개발의 어려움을 설명한다.

(2) 원핵생물과 진핵생물의 세포 구조를 비교하고 페니실린과 스트렙토마이신의 작용을 바탕으로 항생제가 인체에 안전한 까닭을 설명한다.

해설 (1) 세균은 세포 구조이며, 물질대사에 필요한 효소를 가지고 있어서 독자적으로 증식할 수 있다. 그러나 바이러스는 비세포 구조이며, 독자적인 효소가 없어서 스스로 물질대사를 하지 못하므로 숙주세포 안에서 숙주세포의 물질대사 기구를 이용해야만 증식할 수 있다. 따라서 질병을 일으키는 바이러스의 증식을 억제하기 위해 사용하는 항바이러스제는 숙주인 사람의 물질대사에 영향을 미칠 수밖에 없기 때문에 안전한 항바이러스제를 개발하는 데 어려움이 많다.

(2) 원핵생물인 세균은 진핵생물인 사람의 세포와 구조적인 차이가 있다. 즉, 동물인 사람의 세포는 세균과 달리 세포벽이 없고, 단백질 합성을 위한 라이보솜에도 차이가 있다. 따라서 항생제는 세균만이 갖는 특징에 영향을 미쳐 세균의 증식을 억제하는 방식으로 작용하므로 인체에는 비교적 안전하다.

예시 1 (1) 세균은 독자적으로 증식하지만, 바이러스는 숙주세포 안에서 숙주세포의 물질대사 기구를 이용해야 증식할 수 있다. 따라서 항바이러스제는 숙주세포의 물질대사를 억제하는 독성을 나타낼 수 있기 때문에 안전한 항바이러스제의 개발에 어려움이 많다.

(2) 진핵생물은 사람의 세포에는 세포벽이 없고, 라이보솜도 세균의 라이보솜과는 달라서 페니실린이나 스트렙토마이신과 같은 항생제의 영향을 거의 받지 않는다. 이처럼 항생제는 원핵생물인 세균만이 갖는 특징에 작용하는 약제이므로, 진핵생물인 사람에게는 비교적 안전하다.

3 **문제 해결 과정** (1) 큰포식세포가 식세포작용 후 제시한 항원을 보조 T림프구가 인식하고, 항원을 인식한 보조 T림프구가 세포독성 T림프구를 활성화하는 과정과 세포독성 T림프구가 병원체에 감염된 세포를 인식하여 파괴하는 원리를 설명한다.

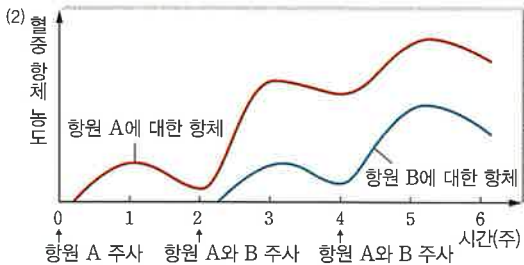
(2) 항원 A와 항원 B에 대한 1차 면역반응과 2차 면역반응을 각각 따로 고려하고, 1차 면역반응에 비해 2차 면역반응에서 항체 농도가 높게 나타나는 까닭을 기억세포의 역할과 관련지어 설명한다.

해설 (1) 큰포식세포가 식세포작용으로 항원을 분해한 뒤 세포 표면에 항원을 제시하는 것과 유사한 방식으로 항원에 감염된 세포의 표면에도 항원이 제시된다. 항원을 인식한 보조 T림프구에 의해 활성화된 세포독성 T림프구는 해당 항원을 인식할 수 있으므로, 항원에 감염된 세포만을 구별하여 선택적으로 파괴한다.

(2) 림프구에 의한 특이적 방어작용에는 항원에 대한 특이성과 기억 능력이 있다. 항원의 최초 침입 후 항체가 생성되는 1차 면역반응에 비해 동일한 항원의 재침입 후 항체가 생성되는 2차 면역반응이 훨씬 신속하게 일어나고 항체 생성량도 많다. 그 까닭은 1차 면역반응 시 형성된 기억세포가 해당 항원의 재침입을 인식하면 곧바로 증식하여 형질세포로 분화한 뒤 항체를 생성하기 때문이다.

예시 답안 (1) 병원체가 체내로 침입하면 큰포식세포가 식세포작용으로 병원체를 분해한 뒤 병원체의 항원을 세포 표면에 제시하고, 보조 T림프구가 제시된 항원을 인식하여 활성화된 뒤 세포독성 T림

프구를 활성화한다. 활성화된 세포독성 T림프구는 병원체에 감염된 세포의 표면에 제시된 항원을 인식하여 감염된 세포와 직접 접촉한 다음, 화학 물질을 분비하여 감염된 세포만을 선택적으로 파괴한다.



항원 A를 1차 주사한 뒤 항원 A에 대한 기억세포가 형성되므로, 2주 때와 4주 때에 다시 항원 A를 주사하면 기억세포가 형질세포로 분화하여 항원 A에 대한 항체가 신속하게 다량 생성되는 2차 면역 반응이 일어난다. 2주 때 항원 B를 처음 주사하면 항원 A에 대한 기억세포는 항원 B에 대한 항체 생성에 영향을 주지 않으므로, 항원 B에 대한 1차 면역반응이 일어난다. 이때 기억세포가 형성되므로 4주 때 항원 B를 2차 주사하면 2차 면역반응이 일어난다.

4 [문제 해결 과정] (1) 적혈구 세포막의 응집원과 소화관 내 세균의 세포막에 있는 탄수화물 사슬의 모양이 유사하다는 점과 B림프구가 소화관 내 세균의 세포막에 있는 탄수화물 사슬을 항원으로 인식한다는 점을 연결 지어 응집소 생성 원리를 설명한다.

(2) ABO식 혈액형이 B형인 사람과 O형인 사람의 혈액에 있는 응집원과 응집소 종류를 근거로 응집반응 여부를 설명한다.

(3) Rh⁺형인 태아의 혈액에는 Rh 응집원이 있고 Rh⁻형인 모체의 혈장에는 Rh 응집원을 접하면 Rh 응집소가 형성될 수 있다는 점을 들어 태아적혈모구증이 발생하는 까닭을 설명하고, Rh 응집소와 ABO식 혈액형의 응집소 α , β 의 크기 차이를 바탕으로 태반 통과 여부를 설명한다.

[해설] (1) [제시문 1]을 통해 적혈구 세포막에 있는 탄수화물 사슬이 항원(응집원)으로 인식된다는 것을 알 수 있다. 또, [제시문 2]를 통해 B림프구가 소화관 내 세균의 세포막에 있는 탄수화물 사슬을 항원으로 인식하는데, 이 탄수화물 사슬은 적혈구 세포막에 있는 탄수화물 사슬과 매우 유사하다는 것을 알 수 있다. ABO식 혈액형이 A형인 사람의 혈액에서는 소화관 내 세균에 대항하여 응집원 B에 대한 항체가 만들어지므로 혈장에 응집소 β 가 생기게 되며, 자신이 가지고 있는 응집원 A에 대한 항체는 만들어지지 않는다. 이는 자기 물질을 항원으로 인식하는 B림프구는 발달 과정 동안 제거되거나 불활성화되기 때문이다.

(2) 혈액형별 응집원과 응집소를 따져 수혈에 따른 응집반응 여부를 판단한다. B형의 혈액에는 적혈구 세포막에 응집원 B가, 혈장에 응집소 α 가 있으며, O형의 혈액에는 적혈구 세포막에 응집원이 없고

혈장에는 응집소 α 와 β 가 모두 있다. 따라서 B형인 사람의 혈액을 O형인 사람에게 수혈하면 응집원 B와 응집소 β 가 응집반응을 일으키므로 수혈할 수 없다.

(3) 모체와 태아의 Rh식 혈액형이 다른 경우 출산 과정에서 태아의 적혈구가 모체에 노출되므로 모체에 항체(Rh 응집소)가 생성될 수 있다. Rh⁻형인 여성이 Rh⁺형인 첫째 아이를 출산하는 과정에서 아이의 Rh 응집원에 노출되면 모체 내에 Rh 응집소가 생성된다. 이후 Rh⁺형인 둘째 아이를 임신하면 모체의 Rh 응집소가 태반을 통과하여 태아의 Rh 응집원과 응집반응을 일으키므로 태아적혈모구증이 발생할 수 있다. Rh식 혈액형의 Rh 응집소는 크기가 작아서 태반을 통과할 수 있지만, ABO식 혈액형의 응집소 α 와 β 는 크기가 커서 태반을 통과하지 못한다. 따라서 ABO식 혈액형의 경우 모체와 태아의 혈액형이 달라도 태아적혈모구증은 발생하지 않는다.

[예시 답안] (1) ABO식 혈액형의 응집원은 적혈구 세포막에 있는 탄수화물 사슬인데, 소화관 내 세균의 세포벽에도 이와 매우 유사한 탄수화물 사슬이 있다. B림프구는 소화관 내 세균의 세포막에 있는 탄수화물 사슬을 항원으로 인식하여 항체를 생성할 수 있다. 이때 자신의 적혈구 세포막에 있는 탄수화물 사슬은 자기 물질에 해당하므로, 이와 다른 종류의 탄수화물 사슬에 대해서만 항체를 생성한다. 따라서 ABO식 혈액형의 경우 응집원 A, B에 직접 노출되지 않아도 혈액형에 따라 응집소 α , β 가 자연적으로 생성된다.

(2) ABO식 혈액형이 B형인 사람의 혈액을 O형인 사람에게 수혈하면 B형의 적혈구 세포막에 있는 응집원 B와 O형의 혈장에 있는 응집소 β 가 응집반응을 일으키므로 수혈할 수 없다.

(3) Rh⁻형인 여성이 Rh⁺형인 첫째 아이를 출산하는 과정에서 아이의 Rh 응집원에 노출되면 모체 내에 Rh 응집소가 생성된다. 이후 Rh⁺형인 둘째 아이를 임신하면 모체의 Rh 응집소가 태반을 통과하여 태아의 Rh 응집원과 응집반응을 일으키므로 태아적혈모구증이 발생할 수 있다. ABO식 혈액형에서 태아적혈모구증이 발생하지 않는 까닭은 Rh식 혈액형의 Rh 응집소와 달리 ABO식 혈액형의 응집소 α 와 β 는 크기가 커서 태반을 통과할 수 없기 때문이다.