

완자 기출픽

생 명 과 학

소단원별 문제 · 정답과 해설

II. 항상성과 몸의 조절

우리 몸의 방어작용

16

항원항체반응과 백신

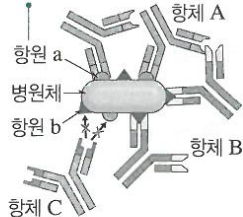
항원항체반응과 백신

기출 PICK A

항원항체반응의 역할

하나의 병원체에는 각기 다른 항원으로 작용할 수 있는 부분이 여러 군데 있을 수 있다. 항원항체반응으로 형성된 덩어리는 병원체가 이동하지 못하게 하고 식세포작용이 쉽게 일어나도록 하여 병원체의 제거를 돕는다.

항체 A는 항원 a와 결합하고, 항체 B는 항원 b와 결합한다.



▲ 항원항체반응의 특이성
항체 C는 병원체의 항원과 결합하지 못한다.

기출 PICK B

Rh식 혈액형

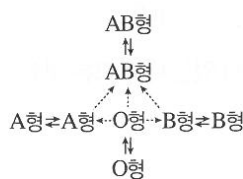
• 응집원과 응집소: Rh⁺형은 Rh 응집원은 있지만 Rh 응집소는 없고, Rh⁻형은 Rh 응집원과 Rh 응집소가 모두 없다.

Rh⁻형은 Rh 응집원에 노출되면 Rh 응집소가 생길 수 있다.

• 혈액형 판별: 항Rh 혈청과 응집반응이 일어나면 Rh⁺형, 응집반응이 일어나지 않으면 Rh⁻형이다.

혈액형의 수혈 관계

기본적으로 수혈은 혈액형이 같은 경우에 한다. 혈액을 제공하는 사람의 응집원과 혈액을 제공받는 사람의 응집소가 응집반응을 일으키지 않으면 서로 다른 혈액형이라도 소량 수혈이 가능하다.



Rh⁺형 ≡ Rh⁺형
Rh⁻형 ≡ Rh⁻형

Rh 응집소가 없는 Rh⁻형인 경우에만 소량 수혈이 가능하다.

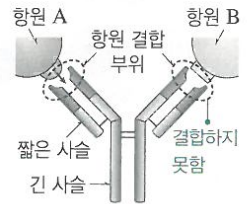
→ 다량 수혈 → 소량 수혈

A 항원항체반응

1 항원항체반응 항원이 체내에 침입하면 이에 대항하는 항체가 생성되고, 항원과 항체가 결합하는 항원항체반응이 일어난다.

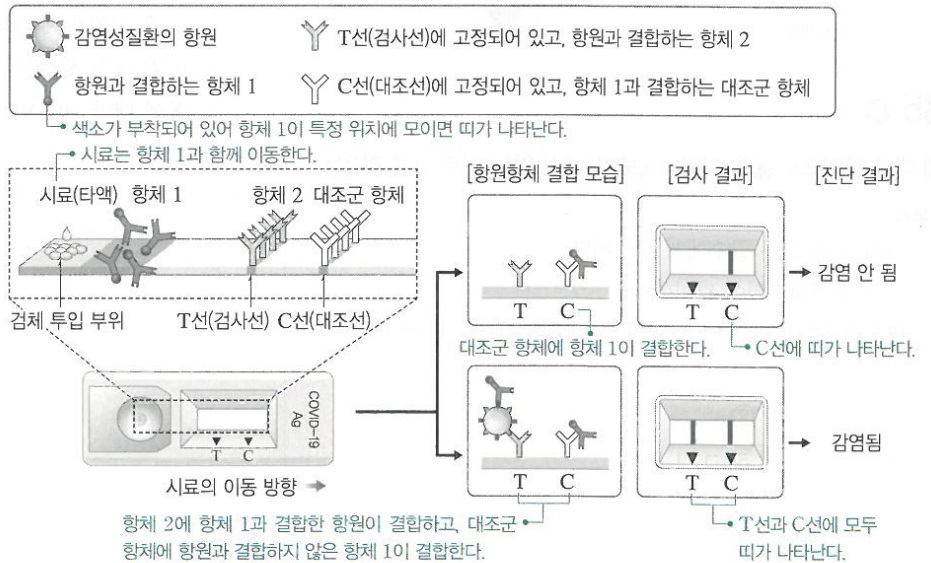
① 항원항체반응의 특이성: 항체는 ① 와 구조가 맞는 특정 항원과만 결합한다. → 항체의 종류에 따라 항원 결합 부위의 구조가 다르다.

② 항원항체반응의 활용 예: 자가진단 키트, 임신 진단 키트 등



▲ 항체의 구조

항원항체반응의 특이성을 이용한 자가진단 키트의 원리



B 혈액의 응집반응과 혈액형

1 ABO식 혈액형

① ABO식 혈액형의 응집원과 응집소: 응집원 A에 결합하는 항체를 응집소 α, 응집원 B에 결합하는 항체를 응집소 β라고 한다. 적혈구에 있다. 혈장에 있다.

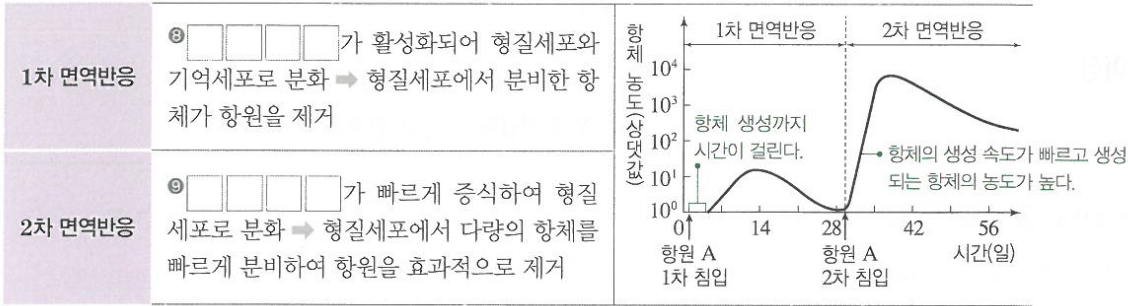
혈액형	A형	B형	② 형	③ 형
응집원	A	B	A, B	없음
응집소	β	α	없음	α, β

② ABO식 혈액형의 판별

구분	② 형	③ 형	AB형	O형
항A 혈청 (응집소 α 포함)	응집원 A 응집소 α 응집됨	응집원 B 응집소 α 응집 안 됨	응집원 A 응집소 α 응집원 B 응집소 α 응집됨	응집원 A 응집소 α 응집 안 됨
항B 혈청 (응집소 β 포함)	응집원 A 응집소 β 응집 안 됨	응집원 B 응집소 β 응집됨	응집원 B 응집소 β 응집원 A 응집소 β 응집됨	응집원 B 응집소 β 응집 안 됨

C 백신의 작용 원리와 종류

1 1차 면역반응과 2차 면역반응 특정 항원이 처음 침입하면 ⑥ 차 면역반응이 일어나고, 같은 항원이 재침입하면 ⑦ 차 면역반응이 일어나 항원을 효과적으로 제거한다.



2 백신

- ① 백신: 인위적으로 1차 면역반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 물질이다.
- ② 백신의 원리: 백신을 접종하면 ⑩ 차 면역반응이 일어나 특정 항원에 대한 기억세포가 생성된다. → 이후 동일한 항원이 재침입하면 ⑪ 차 면역반응이 일어나 다량의 항체 빠르게 생성되어 병원체를 효과적으로 제거하여 질병 예방
- ③ 백신의 종류

⑫	• 병원성을 약화시킨 병원체로 만든 백신 • 백신의 효과가 확실하지만, 병원체가 몸속에서 증식하여 면역반응을 일으키기 때문에 면역력이 약한 사람의 경우 질병을 앓을 수도 있다. - 예 홍역, 수두, 결핵 등의 백신
⑬	• 열이나 화학 약품을 처리하여 불활성 상태로 바꾼 병원체로 만든 백신 • 제조 방법에 따라 전 세포 불활성화 백신, 단백 백신, 다당 백신으로 분류할 수 있다. • 백신의 효과가 약해 여러 번 접종해야 하지만, 면역력이 약한 사람에게도 안전하다. - 예 독감, 파상풍, 수막염 등의 백신
재조합 백신	생명공학기술을 이용하여 생산한 항원이나 항원결정부를 사용하여 만든 백신 예 장티푸스, 자궁경부암 등의 백신
핵산 백신	항원의 유전정보가 담긴 핵산(DNA, RNA)으로 만든 백신 예 코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 등의 백신

④ 백신의 필요성: 백신을 접종하면서 감염성질환에 걸리는 환자의 수와 감염성질환으로 사망한 사람의 수가 크게 감소했다. → 개인의 면역 능력을 증가시킬 뿐만 아니라 집단 면역이 형성되어 감염성질환의 확산을 늦출 수 있다.

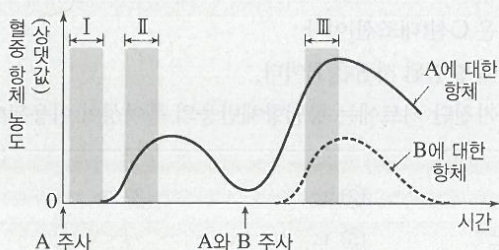
집단 내의 많은 사람들이 백신을 접종받았거나 병원체에 감염된 적이 있어, 특정 감염성질환에 대한 면역력을 가지게 된 상태

답 ① 항원 결합 부위 ② AB ③ O ④ A ⑤ B ⑥ 1 ⑦ 2 ⑧ B림프구 ⑨ 기억세포 ⑩ 1 ⑪ 2 ⑫ 생백신 ⑬ 사백신

빈출 자료 보기

정답과 해설 49쪽 ▶▶

390 그림은 항원 A와 B에 노출된 적이 없는 생쥐에 A를 주사한 뒤 4주 후 A와 B를 주사했을 때 이 생쥐에서의 혈중 항체 농도 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○, 옳지 않은 것은 ×로 표시하시오.

- (1) 구간 I에서 A에 대한 선천성면역이 일어난다. ()
- (2) 구간 II에서 A에 대한 1차 면역반응이 일어났다. ()
- (3) 구간 II에서 A에 대한 체액성면역이 일어났다. ()
- (4) 구간 II에서 A에 대한 기억세포가 형질세포로 분화한다. ()
- (5) 구간 III에서 B에 대한 2차 면역반응이 일어났다. ()
- (6) 구간 III에서 B에 대한 형질세포가 기억세포로 분화한다. ()
- (7) 구간 III에서 A에 대한 기억세포가 존재한다. ()

A 항원항체반응

항원항체반응의 특이성

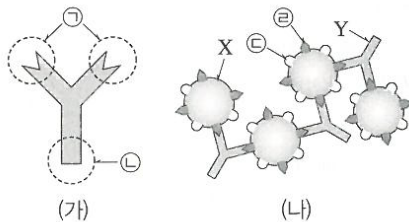
391 하

항원항체반응에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 항원은 체내에 침입하여 면역반응을 일으킨다.
- ② 항체의 주성분은 단백질이다.
- ③ 항체에는 항원이 결합하는 부위가 2개 있다.
- ④ 항체의 종류에 따라 항원 결합 부위의 입체 구조가 다르다.
- ⑤ 항체는 항원에 감염된 세포를 직접 파괴한다.

392 중

그림 (가)는 어떤 사람이 병원체 X에 감염되었을 때 생성된 X에 대한 항체 Y의 구조를, (나)는 X와 Y의 항원항체반응을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡ 중 하나는 항원 결합 부위이고, ㉢과 ㉣은 X의 항원이다.



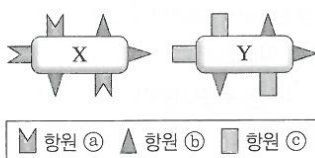
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉡은 항원 결합 부위이다.
 - ㄴ. Y는 ㉢에만 특이적으로 결합한다.
 - ㄷ. X에 대한 체액성면역 과정에서 (나)가 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

393 상

그림은 병원체 X와 Y에 있는 항원을 나타낸 것이고, 표는 항체 I ~ III의 X와 Y에 대한 결합 여부를 나타낸 것이다. I ~ III은 ㉠~㉣ 중 서로 다른 하나에만 결합한다.



구분	X	Y
I	㉠	○
II	×	㉡
III	○	?

(○: 결합함, ×: 결합 못함)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.
 - ㄴ. I은 항원 ㉢에 결합한다.
 - ㄷ. Y에 결합할 수 있는 항체는 I과 III이다.

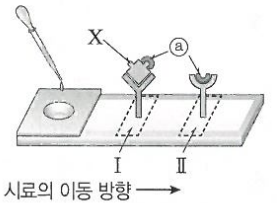
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

항원항체반응의 활용

☆ **빈출**
394 중

다음은 자가진단 키트를 이용하여 병원체 X의 감염 여부를 확인하기 위한 실험이다.

- 사람으로부터 채취한 시료를 자가진단 키트에 떨어뜨리면 시료는 물질 ㉠과 함께 이동한다. ㉠은 X에 결합할 수 있고, 색소가 있다.
- 자가진단 키트의 I에는 'X에 대한 항체'가, II에는 '㉠에 대한 항체'가 각각 부착되어 있다. I과 II의 항체에 각각 항원이 결합하면, ㉠의 색소에 의해 띠가 나타난다.



[실험 과정 및 결과]

(가) 사람 A와 B의 시료를 자가진단 키트에 각각 떨어뜨리고, 일정 시간이 지난 후 확인한 결과는 표와 같다.

사람	A	B
검사 결과	I: 띠 있음, II: 띠 없음	I: 띠 없음, II: 띠 있음

(나) A와 B 중 한 사람만 X에 감염되었고, 나머지 한 사람은 감염되지 않았다.

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

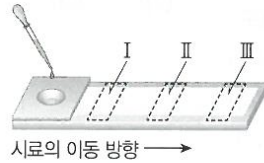
- 보기
- ㄱ. I은 C선(대조선)이다.
 - ㄴ. X에 감염된 사람은 B이다.
 - ㄷ. 자가진단 키트에는 항원항체반응의 특이성이 이용된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[395~396] 다음은 자가진단 키트를 이용하여 병원체 P와 Q의 감염 여부를 확인하기 위한 실험이다.

- 사람으로부터 채취한 시료를 자가진단 키트에 떨어뜨리면 시료는 물질 ㉠와 함께 이동한다. ㉠은 P와 Q에 각각 결합할 수 있고, 색소가 있다.

- 자가진단 키트의 I ~ III에는 '㉠에 대한 항체', 'P에 대한 항체', 'Q에 대한 항체' 중 하나가 각각 부착되어 있다. I ~ III의 항체에 각각 항원이 결합하면 ㉠의 색소에 의해 띠가 나타난다.



[실험 과정 및 결과]

- (가) 사람 A~C의 시료를 자가진단 키트에 각각 떨어뜨리고, 일정 시간이 지난 후 확인한 결과는 표와 같다.

사람	A	B	C
검사 결과			?

- (나) A와 B 중 한 사람은 Q에만 감염되었고, 나머지 한 사람은 P와 Q에 모두 감염되지 않았다. C는 P에만 감염되었다.

395 상

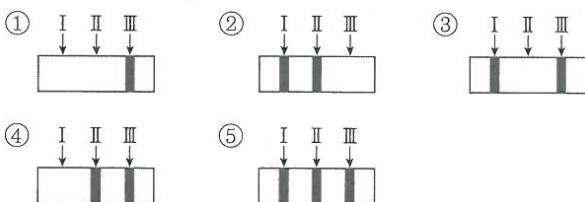
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. A는 Q에만 감염되었다.
 - ㄴ. II에는 ㉠에 대한 항체가 부착되어 있다.
 - ㄷ. B의 시료를 떨어뜨린 자가진단 키트에서는 항원항체반응이 일어나지 않았다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

396 상

C의 진단 결과로 가장 적절한 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)



B 혈액의 응집반응과 혈액형

397 하

표는 ABO식 혈액형이 각각 서로 다른 사람 (가)~(라)의 혈액에서 응집원과 응집소의 유무를 나타낸 것이다.

구분	응집원 A	응집원 B	응집소 α	응집소 β
(가)	×	○	○	?
(나)	㉠	?	○	○
(다)	?	×	?	○
(라)	?	○	㉡	?

(○: 있음, ×: 없음)

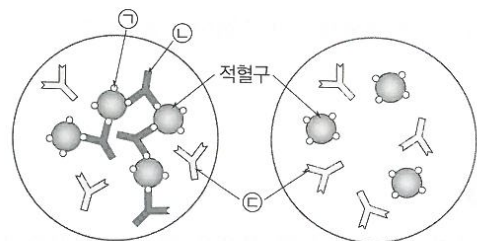
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡은 모두 '×'이다.
- ㄴ. (다)의 혈구에는 응집원 A가 있다.
- ㄷ. (나)의 혈구를 (라)의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[398~399] 그림 (가)와 (나)는 어떤 사람의 혈액을 항A 혈청, 항B 혈청과 각각 섞었을 때 일어나는 응집반응 결과를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 응집소 α, 응집소 β, 응집원 A를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) 항A 혈청과 섞었을 때 (나) 항B 혈청과 섞었을 때

398 중

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 응집원 A와 결합한다.
- ㄴ. ㉣은 응집소 β이다.
- ㄷ. 이 사람의 혈액에는 응집소 α와 β가 모두 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

399 중

| 서술형 |

이 사람의 ABO식 혈액형을 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 혈액의 응집반응과 관련지어 서술하시오. (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

그림은 민수네 가족 일부의 ABO식 혈액형과 Rh식 혈액형 판별 결과를 나타낸 것이다. 민수네 가족은 4명이고 ABO식 혈액형이 각각 서로 다르다. 민수네 가족은 모두 수혈받은 적이 없다.

	항A 혈청	항B 혈청	항Rh 혈청
어머니	-	-	+
민수	+	-	-
여동생	-	+	+

(+: 응집됨, -: 응집 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르면?(2개) (단, ABO식 혈액형과 Rh식 혈액형만 고려한다.)

- ① 어머니의 혈액에는 응집소 α 와 β 가 모두 있다.
- ② 민수의 혈액형은 A형, Rh⁻형이다.
- ③ 민수의 혈액에는 Rh 응집원이 있다.
- ④ 어머니와 여동생의 혈액에는 모두 Rh 응집원이 있다.
- ⑤ 아버지의 혈액에는 응집원 A와 B가 모두 있다.
- ⑥ 아버지의 혈구를 어머니의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어난다.
- ⑦ 민수의 혈구를 여동생의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어나지 않는다.
- ⑧ 어머니는 여동생에게 소량 수혈이 가능하다.

401 중

그림은 사람 (가)와 (나)의 혈액을 혈구와 혈장으로 분리한 결과를, 표는 (가)와 (나)의 ABO식 혈액형 판별 결과를 나타낸 것이다.

구분	항A 혈청	항B 혈청
(가)	-	-
(나)	+	+

(+: 응집됨, -: 응집 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

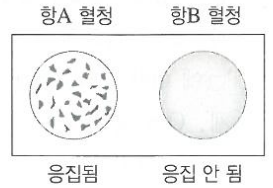
- 보기
- 가. (가)의 혈액형은 O형이다.
 - 나. ㉠에는 응집원 A와 B가 있다.
 - 다. ㉡과 ㉢를 섞으면 응집반응이 일어난다.

- ① 가
- ② 다
- ③ 가, 나
- ④ 나, 다
- ⑤ 가, 나, 다

표는 사람 (가)~(다)의 혈구와 혈장을 각각 섞었을 때의 응집 반응 결과를, 그림은 (나)의 ABO식 혈액형 판별 결과를 나타낸 것이다. (가)~(다)의 ABO식 혈액형은 서로 다르다.

혈장 \ 혈구	(가)	(나)	(다)
(가)	-	+	⊖
(나)	?	-	+
(다)	⊕	+	-

(+: 응집됨, -: 응집 안 됨)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

- 보기
- 가. ⊕과 ⊖은 모두 '-'이다.
 - 나. (가)는 응집원 A를 갖는다.
 - 다. (나)는 (다)에게 소량 수혈이 가능하다.

- ① 가
- ② 나
- ③ 가, 나
- ④ 가, 다
- ⑤ 나, 다

그림은 사람 (가)와 (나)의 혈액을 섞었을 때 일어나는 응집 반응 결과를 나타낸 것이고, 표는 57명의 학생으로 구성된 집단을 대상으로 ㉠과 ㉡에 대한 응집반응 여부를 조사한 것이다. 이 집단에는 (가)와 (나)가 포함되지 않으며, (나)의 ABO식 혈액형은 A형이다. ㉠과 ㉡은 응집소 α 와 β 를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	사람 수
㉠과 응집하지 않음	23
㉡과 응집하지 않음	25
㉠, ㉡과 모두 응집하지 않음	13

이 집단에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

- 보기
- 가. (가)와 혈액형이 같은 사람의 수는 10이다.
 - 나. 혈액에 ㉠은 있고 ㉡은 없는 사람의 수는 12이다.
 - 다. 혈액에 응집원 A와 응집원 B가 모두 있는 사람의 수는 10이다.

- ① 가
- ② 나
- ③ 가, 나
- ④ 가, 다
- ⑤ 나, 다

404 상

다음은 사람 (가)~(다)의 ABO식 혈액형에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 ABO식 혈액형은 각각 서로 다르다.
- (나)의 혈액을 항A 혈청과 섞으면 응집반응이 일어난다.
- (다)의 혈구를 (가)의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어나지 않고, (나)의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어난다.
- 표는 (가)와 (나)의 혈액에서 ㉠~㉤의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉤은 응집원 A, 응집원 B, 응집소 α, 응집소 β를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	㉠	㉡	㉢	㉣
(가)	있음	?	없음	있음
(나)	있음	있음	?	없음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

- 보기
- ㄱ. (가)의 혈구를 (나)의 혈장과 섞으면 응집반응이 일어난다.
 - ㄴ. (다)의 혈액을 항B 혈청과 섞으면 응집반응이 일어난다.
 - ㄷ. (다)의 혈액에는 ㉡이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

405 상

표 (가)는 100명의 학생으로 구성된 집단을 대상으로 ㉠~㉤의 유무를 조사한 것이고, (나)는 ABO식 혈액형이 각각 서로 다른 사람 I~IV의 혈액에서 ㉡과 ㉣의 유무를 나타낸 것이다. 이 집단에는 I~IV가 포함되지 않고, 이 집단에서 A형인 학생의 수는 36이다. ㉠과 ㉡은 응집원 A와 B를, ㉢과 ㉣은 응집소 α와 β를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	학생 수	구분	㉡	㉣
㉠이 있는 학생	42	I	㉡	없음
㉡이 있는 학생	54	II	없음	없음
㉠과 ㉡이 모두 있는 학생	24	III	㉡	있음
		IV	없음	있음

(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 응집원 A이다.
 - ㄴ. ㉡와 ㉢은 모두 '있음'이다.
 - ㄷ. 이 집단에서 IV와 ABO식 혈액형이 같은 학생의 수는 24이다.

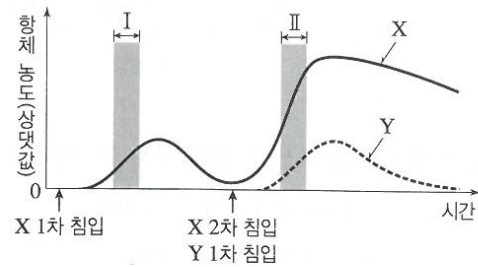
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

C 백신의 작용 원리와 종류

1차 면역반응과 2차 면역반응

406 하

그림은 어떤 사람이 병원체 X와 Y에 감염되었을 때 X와 Y에 대한 혈중 항체 농도 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

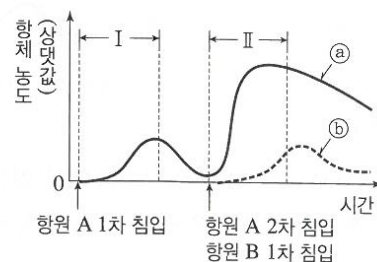
- 보기
- ㄱ. 구간 I에서 X에 대한 2차 면역반응이 일어났다.
 - ㄴ. 구간 II에서 X에 대한 기억세포가 형질세포로 분화하였다.
 - ㄷ. 구간 II에서 Y에 대한 체액성면역이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

407 중

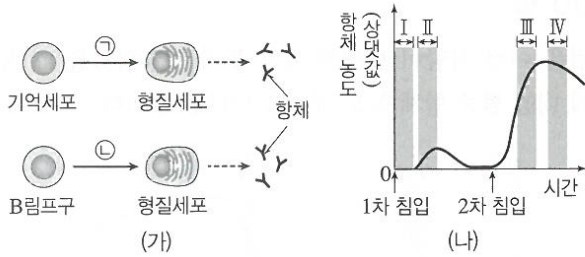
[서술형]

그림은 항원 A와 B에 노출된 적이 없는 사람에게 A를 1차 주사하고, 일정 시간이 지난 후 A와 B를 함께 주사했을 때 항체 ㉡와 ㉢의 혈중 농도 변화를 나타낸 것이다. ㉡는 A에 대한 항체, ㉢는 B에 대한 항체이다.



- (1) 구간 I과 II에서 ㉡의 농도 변화가 서로 다르게 나타나는 까닭을 서술하시오.
- (2) 구간 II에서 ㉡와 ㉢의 농도 변화가 서로 다르게 나타나는 까닭을 서술하시오.

그림 (가)는 어떤 사람이 세균 X에 감염되었을 때 일어나는 방어작용의 일부를, (나)는 이 사람에서 X의 침입에 의해 생성되는 X에 대한 혈중 항체 농도 변화를 나타낸 것이다.

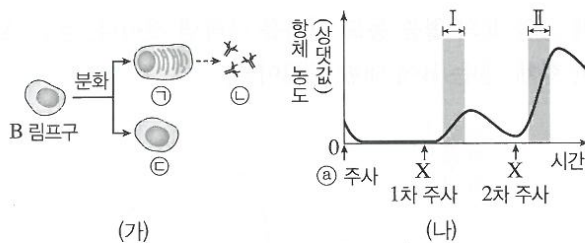


이에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르면?(2개)

- ① X에 대한 1차 면역반응에서 과정 ㉠이 일어난다.
- ② 구간 I에서 비특이적 방어작용이 일어난다.
- ③ 구간 II에서 과정 ㉠이 일어난다.
- ④ 구간 II에서 X에 대한 후천성면역이 일어났다.
- ⑤ 구간 III에서 X에 대한 2차 면역반응이 일어났다.
- ⑥ X에 대한 형질세포의 수는 구간 II에서가 구간 III에서보다 많다.
- ⑦ 구간 IV에서 X에 대한 항체의 농도가 감소하는 주된 원인은 X에 대한 형질세포의 수가 감소하기 때문이다.

409 출

그림 (가)는 생쥐 A에 항원 X를 주사했을 때 일어나는 방어작용의 일부를, (나)는 A에서 ㉠을 분리하여 생쥐 B에 주사한 후 X를 2회에 걸쳐 주사했을 때 X에 대한 혈중 항체 농도 변화를 나타낸 것이다. ㉠은 혈구와 혈장 중 하나이고, ㉠~㉣은 항체, 기억세포, 형질세포를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 유전적으로 동일하고, X에 노출된 적이 없다.)

- 보기**
- ㄱ. ㉠은 ㉣이 포함된 혈장이다.
 - ㄴ. 구간 I에서 X에 대한 항원항체반응이 일어났다.
 - ㄷ. 구간 II에서는 X에 대한 1차 면역반응이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

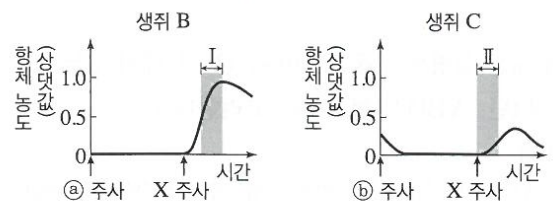
다음은 병원체 X에 대한 생쥐의 방어작용 실험이다.

[실험 과정]

- (가) X에 노출된 적이 없고, 유전적으로 동일한 생쥐 A~C를 준비한다.
- (나) A에게 X를 2회에 걸쳐 주사한다.
- (다) 1주 후, (나)의 A에서 ㉠과 ㉡를 각각 분리한다. ㉠과 ㉡는 혈장과 X에 대한 기억세포를 순서 없이 나타낸 것이다.
- (라) B에게 ㉠과 X를, C에게 ㉡와 X를 각각 일정 시간 간격으로 주사한다.

[실험 결과]

B와 C에서 X에 대한 혈중 항체 농도 변화는 그림과 같다.

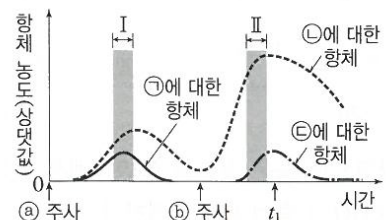


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

- 보기**
- ㄱ. 구간 I에서 X에 대한 2차 면역반응이 일어났다.
 - ㄴ. ㉡에는 X에 대한 항체가 있다.
 - ㄷ. 구간 II에서 X에 대한 형질세포가 기억세포로 분화되었다.

411 출

병원체 A에는 항원 ㉠과 ㉡이, 병원체 B에는 항원 ㉢과 ㉣이, 병원체 C에는 항원 ㉤이 있다. 그림은 A~C에 노출된 적이 없는 생쥐 X에게 ㉠을 주사하고 일정한 시간이 지난 후 ㉢을 주사했을 때, ㉠~㉤에 대한 혈중 항체 농도 변화를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉢은 각각 A~C 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 제시한 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기**
- ㄱ. ㉠은 A이다.
 - ㄴ. 구간 I에는 ㉠에 대한 기억세포가 있다.
 - ㄷ. 구간 II에서 ㉢에 대한 특이적 방어작용이 일어났다.

412 출

다음은 병원체 A와 B에 대한 생쥐의 방어작용 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

- (가) 유전적으로 동일하고 A와 B에 노출된 적이 없는 생쥐 I ~ VI을 준비한다.
- (나) I 에게 생리식염수를, II 에게 죽은 A를, III 에게 죽은 B를 각각 주사한다. II 에서는 A에 대한 항체가, III 에서는 B에 대한 항체가 생성되었다.
- (다) 2주 후 (나)의 I ~ III에서 각각 혈장을 분리하여 표와 같이 살아 있는 B와 함께 IV ~ VI에 주사하고, 1일 후 생쥐의 생존 여부를 확인한다.

생쥐	주사액 조성	생존 여부
IV	㉠ I의 혈장+B	죽는다
V	II의 혈장+B	죽는다
VI	III의 혈장+B	산다

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

[보기]

- ㄱ. (나)의 II에서 A에 대한 체액성면역이 일어났다.
- ㄴ. ㉠에는 B에 대한 항체가 있다.
- ㄷ. (다)의 VI에서 B에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

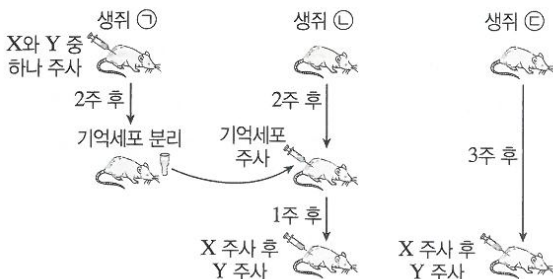
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

413 삼

다음은 항원 X와 Y에 대한 생쥐의 방어작용 실험이다.

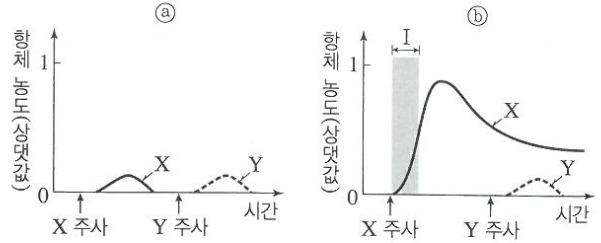
[실험 과정]

- (가) 항원 X와 Y에 노출된 적이 없고, 유전적으로 동일한 생쥐 ㉠~㉢을 준비한다.
- (나) ㉠에 X와 Y 중 하나를 주사한다.
- (다) 2주 후, ㉠에게 주사한 항원에 대한 기억세포를 분리하여 ㉡에게 주사한다.
- (라) 1주 후, ㉠과 ㉢에게 X를 주사하고, 일정 시간이 지난 후 Y를 주사한다.



[실험 결과]

㉠과 ㉢에서 X와 Y에 대한 혈중 항체 농도 변화는 그림과 같다. ㉡와 ㉢은 ㉠과 ㉢에서 나타난 결과를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

[보기]

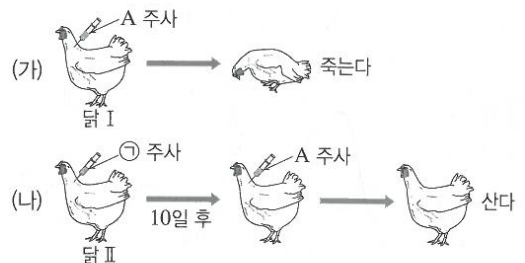
- ㄱ. ㉡는 ㉠에서 나타난 결과이다.
- ㄴ. (나)에서 ㉠에 주사한 항원은 Y이다.
- ㄷ. 구간 I에서 X에 대한 기억세포가 형질세포로 분화했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

백신

414 출

그림 (가)는 닭 I에게 바이러스 A를 주사했을 때의 결과를, (나)는 닭 II에게 ㉠을 주사하고 10일 후 A를 주사했을 때의 결과를 나타낸 것이다. ㉠은 A에서 추출한 단백질이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, I과 II는 유전적으로 동일하고, A에 노출된 적이 없다.)

[보기]

- ㄱ. A에 의한 질병의 치료에는 항진균제가 사용된다.
- ㄴ. ㉠은 A에 대한 백신 역할을 했다.
- ㄷ. (나)의 II에서 A에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

415

| 서술형 |

백신으로 질병을 예방할 수 있는 원리를 다음 요소를 모두 포함하여 서술하시오.

항체 기억세포 1차 면역반응 2차 면역반응

416

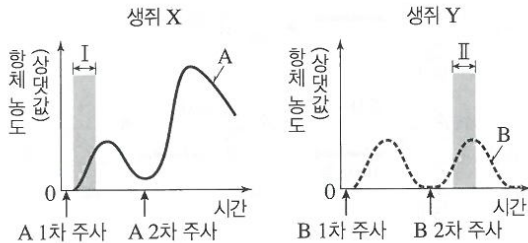
다음은 병원체 P에 대한 백신을 개발하기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) P로부터 두 종류의 백신 후보 물질 A와 B를 얻는다.
- (나) P, A, B에 노출된 적이 없고, 유전적으로 동일한 생쥐 X와 Y를 준비한다.
- (다) X에게 A를, Y에게 B를 각각 2회에 걸쳐 주사한다.
- (라) 일정 시간이 지난 후 X와 Y에게 각각 P를 주사하고 생존 여부를 확인한다.

[실험 결과]

(다)의 X와 Y에서 A와 B에 대한 혈중 항체 농도 변화는 그림과 같으며, (라)에서 X만 생존하였다.



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

보기

- ㄱ. P에 대한 백신으로 A가 B보다 적합하다.
- ㄴ. 구간 I에서 A에 대한 기억세포가 만들어진다.
- ㄷ. 구간 II에서 B에 대한 특이적 방어작용이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

417

이 문제에서 볼 수 있는 보기는

백신의 종류 및 한계에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고르면?(2개)

- ① 고혈압과 당뇨병도 백신으로 예방할 수 있다.
- ② 생백신은 제조 방법에 따라 전 세포 불활성화 백신, 단백 백신, 다당 백신으로 분류할 수 있다.
- ③ 면역력이 약한 사람이 생백신을 접종받을 경우 질병을 앓을 수도 있다.
- ④ 사백신은 효과가 약해 여러 번 접종해야 하지만 면역력이 약한 사람에게도 안전하다.
- ⑤ 재조합 백신은 생명공학기술을 이용하여 생산한 항원이나 항원결정부위를 사용하여 만든 백신이다.
- ⑥ 핵산 백신은 항원의 유전정보가 담긴 핵산으로 만든 백신이다.
- ⑦ 병원체의 유전정보가 계속 바뀌는 질병은 새로운 백신을 계속 개발해야 한다.

418

다음은 병원체 A에 대한 백신을 개발하기 위한 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) A로부터 두 종류의 물질 ㉠과 ㉡을 얻는다.

- (나) 유전적으로 동일하고 A, ㉠, ㉡에 노출된 적이 없는 생쥐 I~V를 준비한다.

생쥐	주사액의 조성	생존 여부
I	세균 A	죽는다
II	물질 ㉠	산다
III, IV	물질 ㉡	산다

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

- (라) 2주 후 (다)의 IV에서 혈장을 분리하여 V에게 주사하고, ㉡에 대한 기억세포 ㉢을 분리하여 VI에게 주사한다.

- (마) (다)의 II와 III, (라)의 V와 VI에게 각각 A를 주사하고 일정 시간이 지난 후, 생쥐의 생존 여부를 확인한다.

생쥐	생존 여부
II	죽는다
III	산다
V	죽는다
VI	산다

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

보기

- ㄱ. ㉠은 생쥐에게 A에 대한 백신으로 사용 가능하다.
- ㄴ. (다)의 III에서 ㉡에 대한 1차 면역반응이 일어났다.
- ㄷ. (마)의 VI에서 ㉢가 형질세포로 분화하여 항체를 생성하였다.

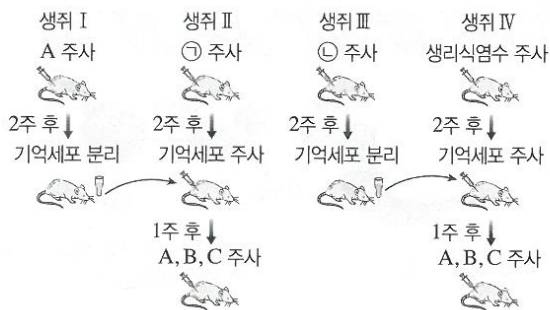
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

419

다음은 항원 A~C에 대한 방어작용 실험이다.

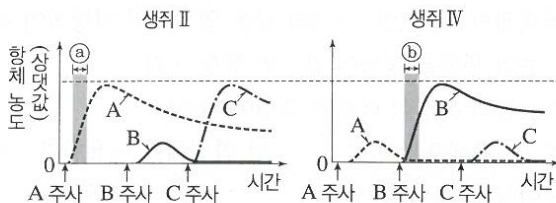
[실험 과정]

- (가) 유전적으로 동일하고 A~C에 노출된 적이 없는 생쥐 I ~Ⅳ를 준비한다.
(나) I에게 A를, II에게 ㉠을, III에게 ㉡을, IV에게 생리식염수를 1회 각각 주사한다. ㉠과 ㉡은 B와 C를 순서 없이 나타낸 것이다.
(다) 2주 후, (나)의 I에서 기억세포를 분리하여 II에게, (나)의 III에서 기억세포를 분리하여 IV에게 주사한다.
(라) 1주 후, (다)의 II와 IV에게 일정 시간 간격으로 A~C를 주사한다.



[실험 결과]

II와 IV에서 A~C에 대한 혈중 항체 농도 변화는 그림과 같다.



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

보기

- ㄱ. ㉠은 B이다.
ㄴ. 구간 ㉠에는 A에 대한 기억세포가 있다.
ㄷ. 구간 ㉡에서 B에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

420

다음은 병원체 ㉠과 ㉡에 대한 생쥐의 방어작용 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

- (가) 유전적으로 동일하고 가슴샘이 없는 생쥐 I ~Ⅵ을 준비한다. I ~Ⅵ은 ㉠과 ㉡에 노출된 적이 없다.
(나) I과 II에게 ㉠과 ㉡ 모두를, III과 IV에게 ㉠을, V와 VI에게 ㉡을 감염시킨다.
(다) (나)의 I, III, V에게 ㉡에 대한 보조 T림프구를 각각 주사한다. ㉡은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.
(라) 일정 시간이 지난 후, I ~Ⅵ에서 ㉡에 대한 항원항체반응의 여부와 생존 여부를 확인한 결과는 표와 같다.

생쥐	항원항체반응 여부	생존 여부
I	일어난다	죽는다
II	?	죽는다
III	일어난다	산다
IV	?	죽는다
V	일어나지 않는다	죽는다
VI	일어나지 않는다	죽는다

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

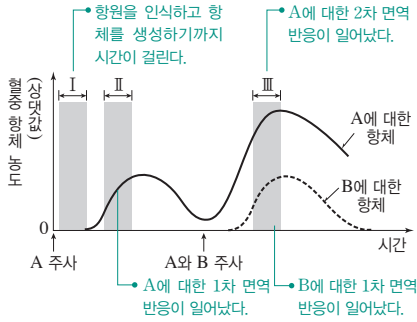
보기

- ㄱ. ㉡은 ㉠이다.
ㄴ. (라)의 I에서 ㉡에 대한 체액성면역이 일어났다.
ㄷ. (라)의 III에서 ㉠에 대한 B림프구가 형질세포로 분화되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답과 해설

16 항원항체반응과 백신



- (1) 구간 I 은 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.

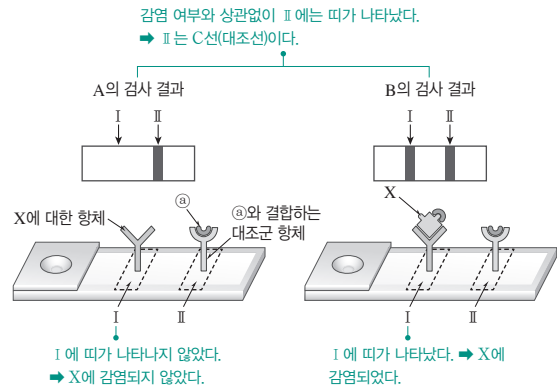
바로알기 | ㄱ. 항체에서 항원과 결합하는 부위는 2개이므로 ㉠이다.

393 ㄱ. 항원 ㉠은 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 ㉡는 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

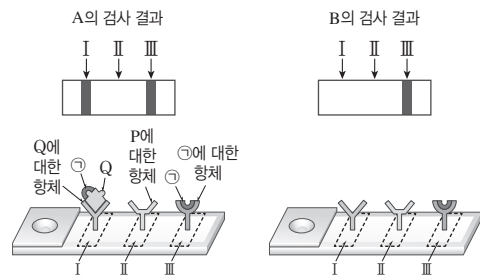


ㄴ. X의 감염과 관계없이 시료가 ㉠과 함께 정상적으로 이동하였다면 II에 있는 대조군 항체에 ㉠이 결합하여 II에 띠가 나타난다. X에 감염된 사람은 I에 있는 X에 대한 항체에 ㉠이 결합한 상태의 X가 결합하여 I에서도 띠가 나타난다. 그러나 X에 감염되지 않은 사람은 I에서 띠가 나타나지 않고, II에서만 띠가 나타난다. 따라서 II에서만 띠가 나타난 A는 X에 감염되지 않았고, I과 II에서 모두 띠가 나타난 B는 X에 감염되었다.

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



- ① A와 B의 검사 결과에서 모두 III에 띠가 나타났다. ➡ III은 대조선이다.
- ② A의 검사 결과에서 I에는 띠가 나타났고, II에는 띠가 나타나지 않았다. ➡ A는 Q에만 감염된 사람이며, I에는 Q에 대한 항체가 부착되어 있다.

㉓ A의 검사 결과에서 I과 II에 모두 띠가 나타나지 않았다. → B는 P와 Q에 모두 감염되지 않은 사람이며, III에는 ㉑에 대한 항체가 부착되어 있다.

㉒. A는 Q에만 감염되었고, B는 P와 Q에 모두 감염되지 않았다.

바로알기 | ㉒. I에는 Q에 대한 항체, II에는 P에 대한 항체, III에는 ㉑에 대한 항체가 각각 부착되어 있다.

㉒. B의 III에서 띠가 나타난 것은 III에 부착된 ㉑에 대한 항체에 시료와 함께 이동한 ㉑이 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, a) (가)	×	○	○	?×
O형(α, β) (나)	㉑×	?×	○	○
A형(A, β) (다)	?○	×	?×	○
AB형(A, B) (라)	?○	○	㉒×	?×

(○: 있음, ×: 없음)

① (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.

② (나)의 혈액에는 응집소 α와 β가 모두 있으므로 (나)의 혈액형은 O형이고, (다)의 혈액형은 A형이다.

㉒. (나)(O형)의 혈액에는 응집원 A가 없고, (라)(AB형)의 혈액에는 응집소 α가 없다. 따라서 ㉑과 ㉒은 모두 '×'이다.

㉒. (다)(A형)의 혈구에는 응집원 A가 있다.

바로알기 | ㉒. (나)(O형)의 혈구에는 응집원이 없고, (라)(AB형)의 혈장에는 응집소가 없다. 따라서 (나)의 혈구를 (라)의 혈장과 섞더라도 응집반응이 일어나지 않는다.

398 ㉒, ㉒. 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 ㉑은 응집원 A이고, 응집원 A(㉑)과 결합하는 ㉒은 응집소 α, 응집원 A(㉑)와 결합하지 않은 ㉓은 응집소 β이다.

바로알기 | ㉒. 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 응집반응과 관련하여 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	응집소 α 포함		응집소 β 포함
	항A 혈청	항B 혈청	
(가) O형	-	-	
(나) AB형	+	+	

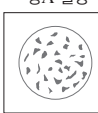
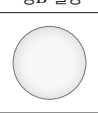
(+: 응집됨, -: 응집 안 됨)

㉒. (가)의 혈액은 항A 혈청과 항B 혈청에 모두 응집하지 않으므로, (가)의 혈액형은 O형이다.

바로알기 | ㉒. (가)(O형)의 혈장(㉓)에는 응집소 α와 β가 있다.

㉒. (나)의 혈액은 항A 혈청과 항B 혈청에 모두 응집하므로, (나)의 혈액형은 AB형이다. (가)의 혈구(㉑)에는 응집원이 없고 (나)의 혈장(㉓)에는 응집소가 없으므로 ㉑과 ㉓을 섞더라도 응집반응이 일어나지 않는다.

402

혈장	혈구			항A 혈청	항B 혈청
	(가)	(나)	(다)		
응집원 A, B (가)	-	+	㉑+		
응집원 A (나)	?-	-	+		
응집원 B (다)	㉒-	+	-		

(+: 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.

㉒. (가)(AB형)는 응집원 A와 B를 갖고, 응집소 α와 β를 갖지 않는다.

바로알기 | ㉒. (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 $23 - 13 = 10$ 이다. 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 $25 - 13 = 12$ 이다. 따라서 AB형인 사람의 수는 $57 - 12 - 10 - 13 = 22$ 이다.

404 ① (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
② (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
③ (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	구분	응집원 A ㉠	응집소 β ㉡
B형, AB형 ㉠이 있는 학생	42	AB형 I	㉠ 있음	없음
A형, AB형 ㉡이 있는 학생	54	B형 II	없음	없음
㉠과 ㉡이 모두 있는 학생	24	A형 III	㉠ 있음	있음
		O형 IV	없음	있음
(가)		(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

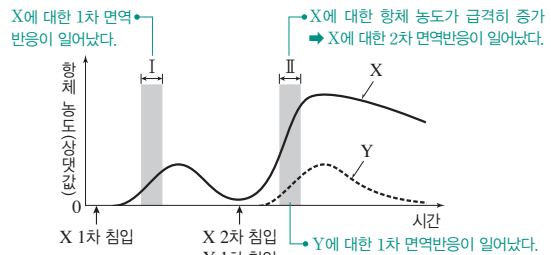
응집원 A, ㉡은 응집소 β이다.

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 ㉠과 ㉡은 모두 ‘있음’이다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 응집원 B이다.

ㄷ. 이 집단에서 A형 + AB형 = 54이고, B형 = 24이므로 O형인 IV와 ABO식 혈액형이 같은 학생의 수는 $100 - 54 - 24 = 22$ 이다.

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 II에서 구간 III에서보다 적다.

409 ㄱ. 혈장은 혈액에서 적혈구와 백혈구 등의 세포를 제거한 액체 성분으로 항체가 포함되어 있다. ㉠을 주사한 직후 X에 대한 항체 농도가 일정 수준으로 나타났다가 점차 감소한다. 따라서 ㉠은 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 ㉠을 주사한 직후 X에 대한 항체 농도는 0이지만 X를 주사한 후 X에 대한 혈중 항체 농도가 급격히 증가하는 2차 면역반응이 일어났다. 따라서 B에게 주사한 ㉠은 X에 대한 기억세포이다.

ㄱ. 구간 I에서 X에 대한 항체가 다량으로 빠르게 생성되는 2차 면역반응이 일어났다.

ㄴ. C에게 ㉠을 주사한 직후 X에 대한 항체 농도가 일정 수준으로 나타났다가 점차 감소한다. 따라서 ㉠은 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. ㉠을 주사했을 때 ㉠과 ㉡에 대한 면역반응이 일어났으므로 ㉠에는 ㉠과 ㉡이 있고, ㉠을 주사했을 때 ㉡과 ㉢에 대한 면역반응이 일어났으므로 ㉠에는 ㉡과 ㉢이 있다. 따라서 ㉠은 A이고, ㉠은 B이다. ㄴ. ㉠을 주사했을 때는 ㉠을 주사했을 때보다 ㉡에 대한 항체의 생성 속도가 빠르고 생성되는 항체의 농도가 높으므로 구간 II에서 ㉡에 대한 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다. 따라서 ㉠을 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 ㉠은 (다)에서 기억세포를 주사한 ㉡에서 나타난 결과이다. ㉠에서는 X와 Y 각각에 대한 1차 면역반응이 일어나므로 ㉠은 ㉡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 단백질을 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.

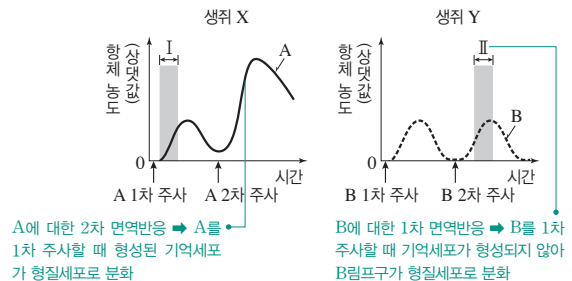
ㄷ. (나)에서 닭이 생존한 것은 ㉠을 주사했을 때 A에 대한 기억세포가 형성되고, 이 기억세포에 의해 A를 주사했을 때 A에 대한 2차 면역반응이 일어나 A가 효과적으로 제거되었기 때문이다.

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 항원결정 부위(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 나. (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.

다. ㉠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 | 나. (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 VI은 A를 주사해도 생존했으므로 ㉠은 A에 의한 질병을 예방할 수 있으며 A에 대한 백신으로 사용할 수 있다.

나. 구간 ㉡에서 A에 대한 항체의 농도가 급격히 증가하므로, 구간 ㉡에서는 A에 대한 기억세포가 분화된 형질세포에서 다량의 항체를 빠르게 분비하여 항원을 효과적으로 제거하는 2차 면역반응이 일어났음을 알 수 있다.

다. 구간 ㉢에서 B에 대한 항체의 농도가 급격히 증가하므로 B에 대한 2차 면역반응이 일어났다.

바로알기 | 나. 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 ① 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.

② ㉡를 감염시키고 ㉠에 대한 보조 T림프구를 주사한 III에서 ㉠에 대한 항원항체반응이 일어나고 III이 생존하였다. 따라서 ㉠은 ㉡이고, ㉡에 대한 보조 T림프구에 의해 활성화된 B림프구가 분화된 형질세포에서 항체를 생성하였다는 것을 알 수 있다.

③ ㉡와 ㉢를 모두 감염시키고 ㉠에 대한 보조 T림프구를 주사한 I에서는 ㉡에 대한 항체가 생성되어 항원항체반응은 일어나지만 ㉢에 대한 면역력은 없어서 생존하지 못했다.

가. ㉠은 ㉡이다.

다. (라)의 III에서 ㉡에 대한 B림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생성하였다.

바로알기 | 나. (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.

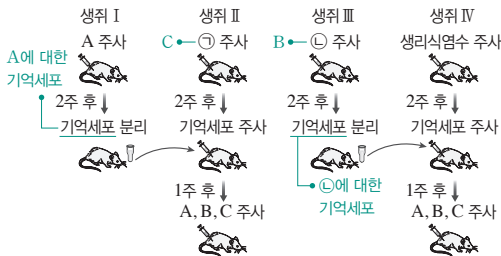
최고 수준 도전 기출

129쪽

419 ④ 420 ③

419

[실험 과정]



[실험 결과]

