

논리 설명 Preview

[세포 분열 - O / X 유형]

Key 3에서 염색체 단위의 정보에 집중을 했다면, 이번 단원부터는 유전자 단위의 정보 해석에 집중할 것이다. 유전 단위를 잘하기 위해서는 감수 분열에서 유전자가 어떻게 이동하는지, 또 부모 자식 간에 유전자가 어떻게 이동하는지 잘 해석할 수 있어야 하는데, 이를 잘 하기 위해서는 염색체와 유전자를 각각 나눠서 생각하기보다는 “염색체 위에 특정 유전자들이 놓여 있다.” 정도로 그림을 떠올려야 한다. 즉, 각 과정에서 염색체가 이동할 때는 염색체 자체에만 집중하는 것이 아니라 염색체 위에 놓인 유전자의 관점에서는 어떤 식으로 이동하는지 관찰해야 한다. 본격적으로 O / X 유형을 다루기 전에 감수 분열 과정을 하나 관찰하자.

A1) 다음은 사람 P의 감수 분열 과정을 나타낸 그림이다. 아래 표는 세포 (가)~(바)가 가지는 대립유전자 A와 a의 존재 유무를 나타낸 표이다. 이 사람의 유전자형은 Aa이다.

| 유전자 | P의 세포 | | | | | |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) | (라) | (마) | (바) |
| A | O | O | O | X | O | X |
| a | O | O | X | O | X | O |

O / X 표를 조금만 관찰해보면, 세포 (가)는 유전자 A와 a가 모두 존재하고 있으니 대립유전자 A와 a에 모두 ‘O’ 표시가 되어 있음을 확인할 수 있다. 또 세포 (마)는 유전자 a만 존재하고 있으니 유전자 A에는 ‘X’가 표시되어 있고, 유전자 a에는 ‘O’가 표시되어 있다. 이와 같이 O / X 표에서 유전자들은 존재하면 상대량이 얼마인지와 무관하게 O로, 유전자가 존재하

지 않으면 X로 표시된다.

지금은 그림이 제시되어 있기에 편하게 확인하면서 풀어낼 수 있지만, 문제에서는 그림 없이 표만 제공하기에 표가 세포의 어떤 상황을 의미하는지 잘 파악해야 한다. O / X 표의 논리와 함께 상황들을 살펴보자.

표에서 가장 먼저 알아내야 할 정보는 “핵상”이다. 각 세포의 핵상을 표의 O, X만 보고 알아낼 수 있는데 이는 아래와 같은 논리를 이용할 것이다.

<O / X 표 - 핵상 파악하기>

㉠ 2n을 알아내는 방법

A2) 다음은 세포 (가)의 유전자 A, a, B, b의 존재 유무를 나타낸 표이다.

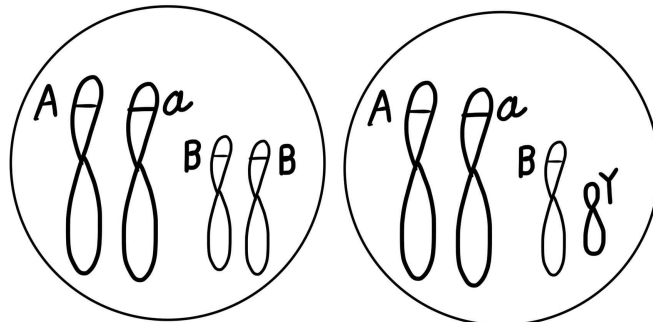
| 세포 | A | a | B | b |
|-----|---|---|---|---|
| (가) | O | O | O | X |

표와 같이 정보가 주어졌을 때 세포 (가)가 2n이라는 것을 2가지를 통해 알 수 있다.

(1) 세포가 A와 a를 모두 가지는 것을 통해서

| 세포 | A | a | B | b |
|-----|---|---|---|---|
| (가) | O | O | O | X |

대립유전자 A와 a를 모두 가진다는 것은 상동 염색체를 모두 가지고 있음을 의미한다. 따라서 세포 (가)의 핵상은 2n이다.



위의 그림과 같이 A, a가 모두 존재하기 위해서는 핵상이 2n이어야 한다. 하지만 대부분의 문제에서는 유전자를 A, a, B, b와 같이 구체적으로 제시하지 않고 유전자를 기호로 숨긴다. 그때는 2n 논리를 아래와 같이 사용하자.

(2) 세포가 가지는 0 개수가 절반보다 많은 것을 통해서

A3) 다음은 세포 (가)의 유전자 ①~④의 존재 유무를 나타낸 표이다.
(①~④은 A, a, B, b중 하나이다)

| | | | | |
|-----|---|---|---|---|
| 세포 | ① | ② | ③ | ④ |
| (가) | 0 | 0 | 0 | X |

A, a 또는 B, b와 같이 짝을 이루는 대립유전자 쌍을 “대립유전자 set”라고 칭하겠다. 0인 유전자 ①, ②, ③ 중에 반드시 대립유전자 set가 존재한다. 따라서 세포 (가)는 대립유전자 A와 a가 함께 존재하거나 또는 대립유전자 B와 b가 함께 존재하는 세포이다. 따라서 (가)의 핵상은 2n이다.

④ n임을 알아내는 방법

A4) 다음은 세포 (나)의 유전자 A, a, B, b의 존재 유무를 나타낸 표이다.
한 쌍의 대립유전자는 X 염색체에 존재하고 나머지는 상염색체에 존재한다.

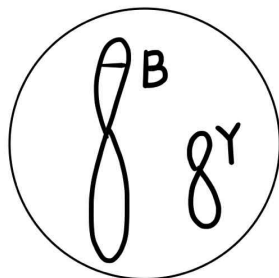
| | | | | |
|-----|---|---|---|---|
| 세포 | A | a | B | b |
| (나) | X | X | 0 | X |

표와 같이 정보가 주어졌을 때 세포 (나)가 n이라는 것을 2가지를 통해 알 수 있다.

(1) 세포가 A와 a를 모두 가지지 않는 것을 통해서

| | | | | |
|-----|---|---|---|---|
| 세포 | A | a | B | b |
| (나) | X | X | 0 | X |

특정 대립유전자 set(A와 a)를 모두 가지지 않으면, 이 세포의 핵상이 n이고 A와 a는 상염색체에 존재하며 이 사람의 성별이 남자라는 것까지 알아낼 수 있다. 왜냐하면 상염색체는 핵상에 무관하게 반드시 하나 이상 존재해야하니, A와 a가 X 염색체 유전자임을 알 수 있다. 그런데 X 염색체 유전자 A와 a가 모두 존재하지 않으니 X 염색체가 존재하면 안되고, 이는 남자의 n인 세포 중 Y 염색체가 포함된 세포임을 알 수 있다.



→ 상염색체 유전자

모든 세포에 최소 1개 이상 존재

하지만 대부분의 문제에서는 유전자를 A, a, B, b와 같이 구체적으로 제시하지 않고 유전자를 기호로 숨긴다. 그때는 n 논리를 아래와 같이 사용하자

(2) 세포가 가지는 O 개수가 절반보다 적은 것을 통해서 (㉠~㉢은 A, a, B, b중 하나이다)

A5) 다음은 세포 (가)의 유전자 ㉠~㉢의 존재 유무를 나타낸 표이다.
 (㉠~㉢은 A, a, B, b중 하나이며 한 쌍의 대립유전자만 X 염색체 위에 존재한다.)

| 세포 | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
|-----|---|---|---|---|
| (나) | X | X | O | X |

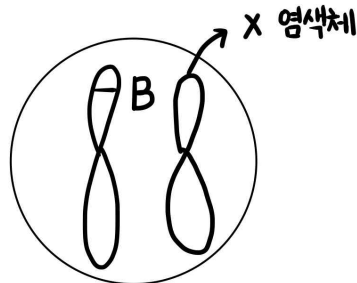
X 염색체 유전자 set는 유전자 ㉠, ㉡, ㉢ 중에 반드시 존재한다. 따라서 (나)의 핵상은 n이다. 또한 이 사람의 성별은 남자이며, 유일하게 존재하는 유전자인 ㉢은 상염색체 유전자라는 것까지 알 수 있다.

Except) 그러나 항상 O / X 표에서 O가 절반보다 적다고 핵상이 n이고 남자이며, Y가 존재하는 세포임을 의미하는 것은 아니다.

A6) 다음은 세포 (다)의 유전자 A, a, B, b의 존재 유무를 나타낸 표이다.
 한 쌍의 대립유전자는 성염색체에 존재하고 나머지는 상염색체에 존재한다.

| 세포 | A | a | B | b |
|-----|---|---|---|---|
| (다) | X | X | O | X |

아무 조건을 주지 않고 세포 (다)의 성별을 알 수 있을까? 그것은 알 수 없다. 대립유전자 set A와 a가 성염색체 유전자인 것은 맞지만 Y 염색체 유전자일 수도 있기 때문이다. 만약, 문제 조건에서 X 염색체 유전자가 존재한다는 조건을 주었다면 A와 a가 X 염색체 유전자이면서 세포 (다)는 남자의 세포지만, 그런 조건 없이는 A와 a가 Y 염색체 유전자이면서 여자의 세포일 수도 있기 때문이다. 이 조건의 유무가 예제 A5와 A6의 차이점이다. 항상 X 염색체 조건을 명시했는지 잘 확인해야 하며, 아직 출제된 적은 없다. 성염색체 중 무엇인지는 다른 정보를 가지고 확정 지을 수 있을 것이다.



(3) 같은 개체의 세포끼리 비교했을 때, 다른 세포가 가지는 유전자를 가지지 않는 것을 통해

A7) 다음은 사람 P의 세포 (가)~(다)에 존재하는 유전자 A, a, B, b의 존재 유무를 나타낸 것이다.

| 세포 | A | a | B | b |
|-----|---|---|---|---|
| (가) | O | O | ? | X |
| (나) | X | O | O | X |
| (다) | O | X | O | X |

모든 세포가 O와 X를 2개씩 가지고 있어서 앞에서 배운 논리로는 핵상 파악이 어렵다. 하지만 모두 같은 개체에서 만들어진 세포라는 것이 큰 힌트가 된다.

★같은 개체 내에서 세포들을 살펴볼 때는 “다른 세포가 존재하는 유전자가 없으면 그 세포의 핵상은 n”이라는 핵상 논리★를 이용할 수 있다. 예를 들어서 세포 (나)에는 A가 없지만 다른 세포에는 A가 존재하기에 세포 (나)의 핵상은 n인 것이다. 또한 세포 (다)에는 a가 없지만 다른 세포에는 a가 존재하기에 세포 (다)의 핵상은 n이다.

기호로 유전자를 숨겨도 마찬가지로 핵상이 n임을 찾을 수 있다.

A8) 다음은 사람 P의 세포 (가)~(다)에 존재하는 유전자 ㉠~㉡의 존재 유무를 나타낸 것이다. (㉠~㉡은 A, a, B, b중 하나이다)

| 세포 | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
|-----|---|---|---|---|
| (가) | O | O | ? | X |
| (나) | X | O | O | X |
| (다) | O | X | O | X |

역시나 동일하게 세포 (나)에는 유전자 ㉠이 없지만 다른 세포에는 유전자 ㉠이 존재하기에 세포 (나)의 핵상은 n이다. 세포 (다)에도 유전자 ㉡이 없지만 다른 세포에는 유전자 ㉡이 존재하기에 세포 (다)의 핵상은 n이다.

문제에서 O, X 정보들이 ?로 많이 숨겨져 있기에 가장 요긴하게 사용할 핵상 논리는 (3)이다. 나중에는 모든 세포의 핵상을 기계처럼 구분할 수 있도록 체화하자.

핵상 정보를 정리했다면, 핵상이 n 인 세포들을 이용하여 **대립유전자 set**를 찾아줄 것이다. 이후 마지막으로 숨겨진 O, X 때문에 찾지 못했던 정보들, 특히 $2n$ 인 세포를 찾아줄 것이다.

<O / X 표 - 대립유전자 set 찾기와 마무리>

동일한 사람 P의 여러 세포들을 살펴보자.

A9) 다음은 사람 P의 세포 (가)~(다)에 존재하는 유전자 \ominus ~ \oplus 의 존재 유무를 나타낸 것이다. (\ominus ~ \oplus 은 A, a, B, b중 하나이다)

| 세포 | \ominus | \oplus | \ominus | \oplus |
|-----|-----------|----------|-----------|----------|
| (가) | O | O | ? | X |
| (나) | X | O | O | X |
| (다) | O | X | O | X |

우선 각 세포의 핵상을 파악한 뒤, **대립유전자 set**를 짚지을 것이다.

STEP1) 세포 핵상 찾기

(다)의 세포에는 \ominus 이 존재하는데 (나)의 세포는 \ominus 이 존재하지 않는다. 따라서 (나)의 핵상은 n 이다. 마찬가지로 (나)의 세포에는 \oplus 이 존재하는데 (다)에는 존재하지 않는다. 따라서 (다)의 핵상은 n 이다.

STEP2) 대립유전자 set 짚짓기

대립유전자 set는 핵상이 n 인 세포에 함께 존재할 수 없다. n 인 세포에 대립유전자 A와 a가 모두 존재할 수 없듯이 말이다. 이 점을 이용할 것이다.

(나)는 핵상이 n 이기에 \oplus 과 \ominus 은 대립유전자 set가 아니다.
 (다)는 핵상이 n 이기에 \ominus 과 \oplus 은 대립유전자 set가 아니다.

따라서 \ominus 과 \oplus 이 대립유전자 set이다. 자동으로 \oplus 과 \ominus 이 대립유전자 set이다.

STEP3) $2n$ 세포 찾기와 정보 마무리

세포 (가)는 대립유전자인 \ominus 과 \oplus 이 모두 존재하니 핵상이 $2n$ 이다.

핵상이 n 인 세포에 존재하는 유전자는 $2n$ 에도 존재한다. 따라서 (가)는 \oplus 을 가진다.

위에서 내려왔던 이 논리 흐름을 꼭 기억해야 한다. 먼저 핵상이 n 인 세포를 찾고, n 끼리 비교해서 대립유전자 set를 찾은 후에 $2n$ 인 세포를 찾을 것이다.

< $2n$ 과 n 인 세포의 관계성>

추가로 하나 기억해야 할 사실은, $2n$ 인 세포와 n 인 세포의 관계성이다. 같은 개체 내에서 n 인 세포에 존재하는 유전자는 당연히 분열 전인 $2n$ 인 세포에 존재한다는 것이다.

대우 명제로, 같은 개체 내에서 $2n$ 인 세포에 존재하지 않는 유전자는 n 인 세포에도 존재하지 않을 것이다. 애초에 존재하지 않으니 분열해도 존재할 수가 없다!

이 점을 이해했다면, 예제 A9 풀이의 마지막 줄이 이해될 것이다.

<Summary>

“같은 개체 내 다른 세포가 가지는 유전자를 가지지 않는 세포는 핵상이 n ”



n 인 세포 찾기



n 인 세포들끼리 비교해서 대립유전자 set 짝짓기



$2n$ 인 세포 찾기와 정보 마무리

기본적으로 위와 같은 사고의 흐름으로 가고, 연관 조건이나 성별 조건은 중간에 막히는 부분이 생기면 유연하게 활용하는 능력을 기르도록 하자.

[23.09.08.]

8. 사람의 유전 형질 ㉠은 1쌍의 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡는 2쌍의 대립유전자 B와 b, D와 d에 의해 결정된다. ㉠의 유전자는 상염색체에, ㉡의 유전자는 X 염색체에 있다. 표는 남자 P의 세포 (가)~(다)와 여자 Q의 세포 (라)~(바)에서 대립유전자 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 A, a, B, b, D, d를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 대립유전자 | P의 세포 | | | Q의 세포 | | |
|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) | (라) | (마) | (바) |
| ㉠ | × | ? | ○ | ? | ○ | × |
| ㉡ | × | × | × | ○ | ○ | × |
| ㉢ | ? | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ㉣ | × | a | ○ | ○ | × | ○ |
| ㉤ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| ㉥ | × | × | × | ? | × | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

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

—<보 기>—

| |
|--|
| <p>ㄱ. ㉠은 ㉢과 대립유전자이다. ㄴ. a는 '×'이다. ㄷ. Q의 ㉡의 유전자형은 BbDd이다.</p> |
|--|

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A와 a는 상염색체에, B, b, D, d는 X 염색체 위에 존재한다. X 연관 정보도 언젠가 이용할 수 있을 것 같다. P와 Q 두 명의 세포 6개를 제시하였으며, 각 세포의 핵상과 대립유전자를 파악해야 한다. 먼저 핵상 논리를 이용하여 핵상이 n인 세포부터 찾자.

STEP 1) 세포 핵상 찾기

P의 세포를 보자. (가)는 (다)에 존재하는 a가 존재하지 않고, (다)에는 (가)에 존재하는 A가 존재하지 않는다. 따라서 세포 (가), (다)의 핵상은 n이다.

마찬가지로 Q의 세포를 보자. (마)에는 (바)에 존재하는 ⊕이 존재하지 않고, (바) 역시 (마)에 존재하는 ⊕이 존재하지 않는다. 따라서 (마)와 (바)의 핵상은 n이다.

| 대립유전자 | P의 세포 | | | Q의 세포 | | |
|-------|--------------|-----|--------------|-------|--------------|--------------|
| | (가) n | (나) | (다) n | (라) | (마) n | (바) n |
| ㉠ | × | ? | ○ | ? | ○ | × |
| ㉡ | × | × | × | ○ | ○ | × |
| ㉢ | ? | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ㉣ | × | ⓐ | ○ | ○ | × | ○ |
| ㉤ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| ㉥ | × | × | × | ? | × | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

STEP 2) 대립유전자 set 짝짓기

(다)는 핵상이 n이기에 ㉠, ㉡, ㉢은 서로 대립유전자 set가 아니다.

(마)는 핵상이 n이기에 ㉠, ㉡, ㉢은 서로 대립유전자 set가 아니다.

따라서 ㉡과 ㉢이 대립유전자 set이다.

(바)는 핵상이 n이기에 ㉡, ㉢은 서로 대립유전자 set가 아니다.

(마)는 핵상이 n이기에 ㉠, ㉢은 서로 대립유전자 set가 아니다.

따라서 ㉠과 ㉢이 대립유전자 set이다. 자동으로 ㉡과 ㉢이 대립유전자 set이다.

| 대립유전자 | P의 세포 | | | Q의 세포 | | |
|-------|--------------|-----|--------------|-------|--------------|--------------|
| | (가) n | (나) | (다) n | (라) | (마) n | (바) n |
| ㉠ | × | ? | ○ | ? | ○ | × |
| ㉡ | × | × | × | ○ | ○ | × |
| ㉢ | ? | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ㉣ | × | ⓐ | ○ | ○ | × | ○ |
| ㉤ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| ㉥ | × | × | × | ? | × | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

STEP 3) 2n인 세포 찾기와 정보 마무리

(나)는 대립유전자인 \ominus 과 \oplus 이 모두 존재하니 세포 (나)의 핵상은 2n이다.

(라)는 대립유전자인 \ominus 과 \oplus 이 모두 존재하니 세포 (라)의 핵상은 2n이다.

| 대립유전자 | P의 세포 | | | Q의 세포 | | |
|-----------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------|
| | (가) n | (나) $2n$ | (다) n | (라) $2n$ | (마) n | (바) n |
| \ominus | × | \ominus ← ○ | ○ | \ominus ← ○ | ○ | × |
| $\omin�$ | × | × | × | ○ | ○ | × |
| $\omin�$ | ? | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| \oplus | × | \oplus ← ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| \oplus | ○ | ○ | × | × | × | × |
| \oplus | × | × | × | \oplus ← × | × | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

같은 개체 내에서 n인 세포에 존재하는 유전자는 2n에도 존재한다. 따라서 $\oplus = 0$ 이다.

문제 조건에 따라서 2쌍의 대립유전자는 X 염색체에, 1쌍의 대립유전자는 상염색체에 존재한다.

세포 (가)를 보니 0가 절반 이하이다. 따라서 P는 남자이고, 세포 (가)에는 Y 염색체가 존재하며, X 염색체가 존재하지 않는다. 따라서 세포 (가)는 X 연관 유전자를 모두 가지지 않고 상염색체 유전자를 하나만 가지니, 세포 (가)는 0를 1개만 가지며, 0로 나타나는 유전자 $\omin�$ 은 상염색체 유전자이다. 따라서 대립유전자 $\omin�$ 과 \oplus 은 상염색체 위에 존재한다.

| 대립유전자 | P의 세포 | | | Q의 세포 | | |
|-----------|------------|---------------|---------|---------------|---------|---------|
| | (가) n | (나) $2n$ | (다) n | (라) $2n$ | (마) n | (바) n |
| \ominus | × | \ominus ← ○ | ○ | \ominus ← ○ | ○ | × |
| $\omin�$ | × | × | × | ○ | ○ | × |
| \oplus | \times_1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| \oplus | × | \oplus ← ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| \oplus | ○ | ○ | × | × | × | × |
| \oplus | × | × | × | \oplus ← × | × | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

따라서 나머지 $\omin�$ 과 \oplus , $\omin�$ 과 \oplus 은 X 염색체 위에 존재하는 유전자이다. 각각 X_1 , X_2 로 표기하자.

1) 모든 세포는 핵상에 관계없이 상염색체 유전자 set에서 둘 중 하나 이상은 반드시 가져야 한다.

P의 2n인 세포 (나)를 통해 유전자형과 연관 상태가 $\text{㉞㉞} / Y, \text{㉞㉞}$ 임을 알 수 있다.

Q는 연관 상태를 파악하기 위해서 n인 세포를 먼저 보자.²⁾ 세포 (마)를 보니 ㉞ 과 ㉞ 이 연관되어 있다. 따라서 Q의 유전자형과 연관 상태는 $\text{㉞㉞} / \text{㉞㉞}, \text{㉞㉞}$ 이다.

ㄱ. ㉞ 과 ㉞ 은 대립유전자이다.

ㄴ. ㉞ 은 O이다.

ㄷ. Q의 ㉞ 유전자형은 BbDd이다. (서로 다른 4개의 X 염색체 유전자를 모두 가지고 있으니)

<연관 기호 정리>

[OBSERVE]의 유전편에서 소개했지만, 다시 한 번 간단하게 연관 기호에 대해서 한 번 더 설명하자면, 각 상동 염색체는 빗금 '/'을 통해서 구분하고, 서로 다른 번호의 염색체는 콤마 ',' 또는 띄어쓰기를 통해서 구분한다. 예를 들어서 Ab/ab, Dd 또는 Ab/ab Dd는 유전자 A와 b가 하나의 염색체에 존재하고, 유전자 a와 b가 이에 대응하는 상동염색체에 연관되어 있음을 의미하고 다른 상동 염색체 set에 대립유전자 D와 d가 존재함을 의미한다.

2) Tip) 연관 정보를 살필 때는 n인 세포를 먼저 살펴야 한다. n에 충분한 정보가 없다면 2n인 세포를 살펴서 동형접합성 여부를 확인하고 연관 상태를 파악한다.

[19.06.09]

9. 사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립 유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ㉠~㉡의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | I의 세포 | | | II의 세포 | | |
|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) | (라) | (마) | (바) |
| ㉠ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| ㉡ | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ |
| ㉢ | ○ | × | ○ | × | × | × |
| ㉣ | × | × | × | ○ | × | ○ |

(○ : 있음, × : 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. ㉠은 ㉢의 대립 유전자이다.

ㄴ. (라)에는 Y 염색체가 있다.

ㄷ. I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFF이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

동일한 방법으로 풀어줄 것이다. 역시나 두 사람 I, II의 세포 6개를 제시했고 대립유전자 E와 e는 상염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다고 한다.

STEP 1) 세포 핵상 찾기

세포 (가)와 (라)는 유전자 전체의 절반 이상을 가진다. 따라서 세포 (가)와 (라)의 핵상은 2n이다.

I의 세포를 보자. 세포 (나)는 유전자 ㉡을 가지지 않지만 세포 (다)는 ㉡을 가진다. 마찬가지로, 세포 (다)는 유전자 ㉢을 가지지 않지만 세포 (나)는 ㉢을 가진다. 따라서 세포 (나)와 (다) 모두 핵상이 n이다.

II의 세포를 보자. 세포 (마)는 유전자 ㉠을 가지지 않지만, 세포 (바)는 ㉠을 가진다. 마찬가지로, 세포 (바)는 유전자 ㉡을 가지지 않지만, 세포 (마)는 ㉡을 가진다. 따라서 **세포 (마)와 (바) 모두 핵상이 n이다.**

(아니면 세포 (마)의 X 개수가 절반보다 적은 것을 이용하여 핵상이 n임을 알아내도 된다.)

| 유전자 | I의 세포 | | | II의 세포 | | |
|-----|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | (가) $2n$ | (나) n | (다) n | (라) $2n$ | (마) n | (바) n |
| ㉠ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| ㉡ | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ |
| ㉢ | ○ | × | ○ | × | × | × |
| ㉣ | × | × | × | ○ | × | ○ |

(○ : 있음, × : 없음)

STEP 2) 대립유전자 set 짝짓기

(나)는 핵상이 n이기에 ㉠, ㉡은 서로 대립유전자 set가 아니다.

(다)는 핵상이 n이기에 ㉠, ㉢은 서로 대립유전자 set가 아니다.

따라서 ㉠과 ㉢이 대립유전자 set이다. 자동으로 ㉡과 ㉣이 대립유전자 set이다.

| 유전자 | I의 세포 | | | II의 세포 | | |
|-----|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | (가) $2n$ | (나) n | (다) n | (라) $2n$ | (마) n | (바) n |
| ㉠ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| ㉡ | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ |
| ㉢ | ○ | × | ○ | × | × | × |
| ㉣ | × | × | × | ○ | × | ○ |

(○ : 있음, × : 없음)

STEP 3) 2n인 세포 찾기와 정보 마무리

2n인 세포는 찾았으니 나머지 정보들만 마무리해보자. 세포 (마)를 보니 대립유전자 ㉠과 ㉡이 모두 존재하지 않는다. 따라서 **대립유전자 ㉠과 ㉡은 X 염색체 유전자**이며, II는 남자이고, **세포 (마)에는 Y 염색체가 존재한다.**

| 유전자 | I의 세포 | | | II의 세포 | | |
|-----|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | (가) $2n$ | (나) n | (다) n | (라) $2n$ | (마) n | (바) n |
| ㉠ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| ㉡ | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ |
| ㉢ | ○ | × | ○ | × | × | × |
| ㉣ | × | × | × | ○ | × | ○ |

(○ : 있음, × : 없음)

자동으로 대립유전자 ㉠과 ㉢은 상염색체 유전자이다. 세포 (가)에는 X 염색체 유전자 ㉡과 ㉣이 모두 존재하니 I은 여자이다.

- ㄱ. ㉠은 ㉢의 대립유전자이다.
 ㄴ. (라)에는 Y 염색체가 있다.
 ㄷ. I의 ㉢에 대한 유전자형을 생각해보자. (가)를 보니 $2n$ 인 세포에 상염색체 유전자는 ㉠만 존재하고 X 염색체 유전자는 ㉡과 ㉣ 모두 존재한다. 즉, 상염색체 유전자는 동형 접합이고 X 염색체 유전자는 이형 접합이기에 $EEFf$ 또는 $eeFf$ 가 되어야 한다.