

17.

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

○ (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2 쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.

○ 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ㉠~㉤의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ㉠~㉤는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고 ㉦~㉨은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자의 수 |
|------|-------|---|---|---|--------------------|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉦ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | ㉧ |
| 자녀 1 | ? | × | × | ○ | ㉨ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉩ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉪ |

(○: 있음, ×: 없음)

○ 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.

○ 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

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

————— <보 기> —————

ㄱ. 아버지는 t를 갖는다.
 ㄴ. ㉠은 ㉢와 대립유전자이다.
 ㄷ. 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다.

[Comment 1] 미매칭 정보가 모두 있는 라인에서는 ‘순서 없이’에 대한 정보가 정렬된다.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|-------------------|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉦ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | ㉧ |
| 자녀 1 | ? | × | × | ○ | ㉨ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉩ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉪ |

어머니의 유전자형은 ㉠~㉣가 모두 있으므로 HhTt이고 ㉧이 2라는 것을 자료 해석의 시작으로 잡을 수 있다.

[Comment 2] 표기에 있어 小(소)를 소문자로 표시되는 대립유전자로 大(대)를 대문자로 표시되는 대립유전자로 약속하자.

[Comment 3] 핵상이 2n인 세포에서 상염색체 위에 있는 유전자의 유무를 판별할 때
 ○는 반절 이상 있어야 하며
 ○가 정확히 반절 존재한다면 모든 대립유전자가 동형 접합성으로 존재한다.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | Ⓐ | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ? | × | × | ○ | ㉒ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉓ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉔ |

(아버지의 유전자형이 ⒶⒷⒸ임을 이용해도 좋다.)

따라서 자녀 1의 Ⓐ는 ○이고, 유전자형은 ⒶⒶⒹⒹ이다.

이때 다음 모든 세로칸이 ○로 결정된 줄이 눈에 들어온다.
 (미매칭 정보가 모두 있는 라인에서는 '순서 없이'에 대한 정보가 정렬된다)

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | Ⓐ | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ○ | × | × | ○ | ㉒ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉓ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉔ |

㉑~㉔ 중 하나는 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 0이어야 한다.
 따라서 Ⓐ는 小이다.

Ⓐ(小)를 가지며 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 4가 되는 경우는
 정상 자손이나 부모에서 등장할 수 없으므로 ㉒은 4이다.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | Ⓐ(小) | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ○ | × | × | ○ | ㉒ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉓ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | 4 |

자녀 1의 유전자형은 ⒶⒶⒹⒹ로 ㉒은 짝수 또는 0이다.
 4와 2가 모두 결정되어 있으므로 ㉒은 0이다.

∴ ㉒은 0이다.

[Comment 4] 가장 특수한 모두 ○인 줄 관찰을 마쳤으니
다음으로 특수한 전부 결정된 줄을 보자.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|------|----------------------|
| | Ⓐ(小) | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ(小) | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ○ | × | × | ○ | 0 |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉒ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | 4 |

아버지는 ○ 3개, × 1개이므로 유전자형으로
동형 접합성을 하나, 이형 접합성을 하나 갖는다,

가계표에서 부모-자녀 기본 관계를 확인해보자.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | Ⓐ | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ? | × | × | ○ | ㉓ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉒ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉔ |

정상 자녀 1은 Ⓑ가 없고, 부모는 모두 Ⓑ가 있으므로
부모는 모두 Ⓑ에 대해 이형 접합성인 유전자형을 갖는다.

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | Ⓐ | Ⓑ | Ⓒ | Ⓓ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ? | × | × | ○ | ㉓ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉒ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉔ |

정상 자녀 2는 Ⓓ가 없고, 부모는 모두 Ⓓ가 있으므로
부모는 모두 Ⓓ에 대해 이형 접합성인 유전자형을 갖는다.

아버지는 동형 접합성 1개, 이형 접합성 1개인 유전자형을 가지므로
아버지의 유전자형은 ⒶⒶⒷⒹ이다.

∴ Ⓑ와 Ⓓ는 대립유전자 관계에 있고, Ⓐ와 Ⓒ는 대립유전자 관계에 있다.

[Comment 6] ㉠가 소이므로 아버지의 유전자형은 小小大小이고 ㉡은 1이다.
그에 따라 마지막 남은 ㉢은 3이다.

[모든 요소 결정]

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자 수 |
|------|-------|---|---|---|----------------------|
| | 小 | 大 | 大 | 小 | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | 1 |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| 자녀 1 | ○ | × | × | ○ | 0 |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | 3 |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | 4 |

[Comment 7] 대문자 수가 극단적으로 늘어나거나 줄어든 경우
염색 분체가 비분리되는 감수 2분열 비분리일 가능성이 현저히 높다.

○ ㉡을 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 모두 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d를 갖는다.

○ ㉡의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립 유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.

○ 표 (가)는 이 가족 구성원의 ㉡에 대한 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수를, (나)는 아버지로부터 형성된 정자 I~III이 갖는 A, a, B, D의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. I~III 중 1개는 세포 P의 감수 1분열에서 염색체 비분리가 1회, 나머지 2개는 세포 Q의 감수 2분열에서 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 정자이다. P와 Q는 모두 G₁기 세포이다.

| 구성원 | 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수 |
|------|------------------------|
| 아버지 | 3 |
| 어머니 | 3 |
| 자녀 1 | 8 |

(가)

| 정자 | DNA 상대량 | | | |
|-----|---------|---|---|---|
| | A | a | B | D |
| I | 0 | ? | 1 | 0 |
| II | 1 | 1 | 1 | 1 |
| III | 2 | ? | ? | ? |

(나)

○ I~III 중 1개의 정자와 정상 난자가 수정되어 자녀 1이 태어났다. 자녀 1을 제외한 나머지 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

20학년도 수능

- ㄱ. 아버지의 유전자형은 小小大小이므로 t를 갖고
- ㄴ. 아버지의 유전자형이 ㉠(a)(b)(d)이므로 ㉡는 ㉢와 대립유전자이며
- ㄷ. 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 1인 아버지로부터 자녀 3은 대문자로 표시되는 대립유전자를 2개 물려받았으므로 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

[Comment 9] 설명의 편의와 가독성 상 小와 大라는 문자를 활용하였으나
 ‘대문자로 표시되는 대립유전자를 구분’하는 유형의 문항을 실전에서 풀 때

대문자로 표시되는 대립유전자는 1로
 소문자로 표시되는 대립유전자는 0으로 자료 정리하면 유용하다.

손글씨 해설은 다음과 같다.

- (가)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- 표는 이 가족 구성원의 체세포에서 대립유전자 ①~④의 유무와 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수를 나타낸 것이다. ①~④는 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉑~㉔은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

*abcd
abcd*

| 구성원 | 대립유전자 | | | | 대문자로 표시되는 대립유전자의 수 |
|------|-------|---|---|---|-----------------------|
| | ① | ② | ③ | ④ | |
| 아버지 | ○ | ○ | × | ○ | ㉑ |
| 어머니 | ○ | ○ | ○ | ○ | ㉒ |
| 자녀 1 | ○ | × | × | ○ | ㉓ |
| 자녀 2 | ○ | ○ | ? | × | ㉔ |
| 자녀 3 | ○ | ? | ○ | × | ㉕ |

(○: 있음, ×: 없음)

- 아버지의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 정자 P가 형성되었다. P와 정상 난자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
- 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.