

② 흰색 눈 암컷 × 임의의 수컷 = 흰색 눈 자손

자손이 열성 형질일 확률은

흰색 몸 암컷은 반드시 열성 대립유전자를 가진 생식 세포를 전달하므로

임의의 수컷이 생식 세포에 X염색체 위에 있는 열성 대립유전자 또는 Y염색체를 전달할 확률과 동일하다.

따라서 $\frac{q}{2} + \frac{1}{2} = \frac{6}{10}$ 이다.

∴ 구하는 확률은 $\frac{2}{5} \times \frac{3}{5} = \frac{6}{25}$ 이다.

[유제 106 - Hard]

다음은 어떤 동물로 구성된 집단 I~III에 대한 자료이다.

- I 과 II 중 하나만 ④ 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단이다.
- ④의 개체수는 3000 이고, 다른 집단의 개체수는 ③이다.
- 유전병 ①은 성염색체에 있는 유전병 대립유전자 A와 정상 대립유전자 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- 표는 I 과 II에서 $\frac{A^* \text{를 갖는 개체수}}{A \text{를 갖는 개체수}}$ 와 표현형이 (가)인 개체의 빈도를 나타낸 것이다.
(가)는 정상과 유전병 ① 중 하나이다.

구분	I	II
$\frac{A^* \text{를 갖는 개체수}}{A \text{를 갖는 개체수}}$	$\frac{2}{3}$?
표현형이 (가)인 개체의 빈도	0.75	0.28

- I 과 II에서 각각 A의 빈도는 ⑩와 ⑪이다. ⑩와 ⑪는 0.2와 0.6을 순서 없이 나타낸 것이다.
- ①에 대해 정상인 개체수의 비는 I : II = 25 : 54이다.
- I 과 II의 개체들을 모두 합쳐서 A의 빈도를 구하면 멘델 집단 III에서 A의 빈도와 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, I~III에서 각각 암컷과 수컷의 개체수는 같으며 암컷의 성염색체는 XX, 수컷의 성염색체는 XY이다.)

< 보 기 >

- ㄱ. ③ < 3000이다.
- ㄴ. I 과 II에서 유전자형이 AA*인 개체수의 차이는 500보다 크다.
- ㄷ. III에서 임의의 유전병 ①을 가지는 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손(F₁)을 낳을 때, 이 F₁이 정상일 확률은 $\frac{2}{7}$ 이다.

[유제 106 해설] 답. ㄴ, ㄷ

[자료 해제]

유전병 대립유전자 A를 갖는 개체와 정상 대립유전자 A*를 갖는 개체를 정리하면 다음과 같다.

구분	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*
A를 갖는 개체					
A*를 갖는 개체					

만약 (가)가 정상 형질(열성)이라면

표현형이 (가)인 개체의 빈도는 A*를 갖는 개체의 빈도와 동일하다.

$$\therefore \text{집단 I의 } \frac{\text{A*를 갖는 개체수}}{\text{A를 갖는 개체수}} \text{의 값} = \frac{0.75+z}{x+y+z} = \frac{0.75+z}{1-(a+b)} = \frac{0.75+z}{0.25}$$

구분	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*
A를 갖는 개체	x		y	z	
A*를 갖는 개체				z	
정상인 개체		a			b

$$\therefore \text{집단 I의 } \frac{\text{A*를 갖는 개체수}}{\text{A를 갖는 개체수}} \text{의 값} > 3 \text{ 으로 결정된 값 } \frac{2}{3} \text{에 모순이다.}$$

\therefore (가)는 유전병 ㉠

구분	I	II
$\frac{\text{A*를 갖는 개체수}}{\text{A를 갖는 개체수}}$	$\frac{2}{3}$?
표현형이 (가)인 개체의 빈도	0.75	0.28

I에서 표현형이 ㉠인 개체의 빈도는 A를 갖는 개체의 빈도와 동일하다.

\therefore A를 갖는 개체의 빈도=0.75

$$\frac{\text{A*를 갖는 개체수}}{\text{A를 갖는 개체수}} = \frac{2}{3} \text{이므로}$$

\therefore A*를 갖는 개체의 빈도=0.5

AA*의 빈도 = (A를 갖는 개체의 빈도 + A*를 갖는 개체의 빈도) - 1 이므로

\therefore AA*의 빈도(z)=0.25

이를 표로 나타내면 다음과 같다.

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
I				0.25		
II						

I 이 멘델 집단이라면, A의 빈도가 0.2이거나 0.6일 때 AA*의 빈도가 0.25일 수 없으므로 I 은 비멘델 집단이다.

∴ II는 멘델 집단

II에서 유전병 ㉠을 갖는 개체의 비율이 0.28이므로 정상인 개체의 비율은 0.72이다.

$$\therefore \frac{q^2+q}{2}=0.72$$

$$\therefore p:q=1:4 \text{ (집단 II)}$$

집단 II는 멘델 집단이므로 대립유전자의 빈도를 통해 모든 유전자형의 비율을 구할 수 있다.

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
I (비멘델)				0.25		
II (멘델)	0.1	0.4	0.02	0.16	0.32	

I 과 II에서 A의 빈도는 0.2와 0.6 중 하나므로 I에서 A의 빈도는 0.6이다.

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
I (비멘델)	a	b	c	0.25	d	
II (멘델)	0.1	0.4	0.02	0.16	0.32	

$$\textcircled{1} \text{ A를 갖는 개체의 빈도} = 0.75$$

$$\Rightarrow a+c=0.5$$

$$\textcircled{2} \text{ A*를 갖는 개체의 빈도} = 0.5$$

$$\Rightarrow b+d=0.25$$

$$\textcircled{3} \text{ A의 빈도} = 0.6$$

$$\Rightarrow \text{A의 빈도} : \text{A*의 빈도} = 3 : 2$$

$$\Rightarrow a+2c+0.25 : b+2d+0.25 = 3 : 2$$

$$\Rightarrow c+0.75 : d+0.5 = 3 : 2$$

$$\Rightarrow c : d = 3 : 2$$

(∴ 가비의 리)

$$\textcircled{4} \text{ 남성의 빈도} = \text{여성의 빈도} = 0.5$$

$$\Rightarrow a+b=0.5$$

①~④의 방정식을 연립하면, $a=0.35$, $b=0.15$, $c=0.15$, $d=0.1$ 이다.

따라서 모든 유전자형 간 비율을 나타내면 다음과 같다.

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
I (비멘델)	0.35	0.15	0.15	0.25	0.1	
II (멘델)	0.1	0.4	0.02	0.16	0.32	

열성 형질 개체의 비율

여성 중 열성 형질을 갖는 개체의 비율은 q^2 이고 남성 중 열성 형질을 갖는 개체의 비율은 q 이다. 전체 개체 중 여성의 비율과 남성의 비율이 동일할 경우 전체 개체 중 열성 형질을 갖는 개체의 비율은

$$\frac{1}{2} \times q^2 + \frac{1}{2} \times q = \frac{q^2+q}{2} \text{ 이다.}$$

집단 간 개체수비 (정량 계산)

$$\frac{\text{I에서 정상인 개체의 빈도}}{\text{II에서 정상인 개체의 빈도}} = \frac{\text{I에서 정상인 개체수}}{\text{I의 개체수}} \div \frac{\text{II에서 정상인 개체수}}{\text{II의 개체수}}$$

$$= \frac{\text{I에서 정상인 개체수}}{\text{II에서 정상인 개체수}} \times \frac{\text{II의 개체수}}{\text{I의 개체수}} = \frac{25}{72}$$

$$\therefore \frac{25}{54} \times \frac{\text{II의 개체수}}{\text{I의 개체수}} = \frac{25}{72}$$

$$\therefore \frac{\text{II의 개체수}}{\text{I의 개체수}} = \frac{3}{4}$$

개체수에 대한 표

설명의 편의 상 개체수비를 정수로 나타낸 표를 임의로 설정하였으나, 유전자형 간 빈도를 나타낸 표의 곱상수를 각각 ×400과 ×300으로 설정해도 무방하다.

[비율 계산]

$$\frac{\text{I에서 정상인 개체의 빈도}}{\text{II에서 정상인 개체의 빈도}} = \frac{25}{72} \text{이고 } \frac{\text{I에서 정상인 개체수}}{\text{II에서 정상인 개체수}} = \frac{25}{54} \text{이므로}$$

3000 : @ = 3 : 4이다. 따라서 @는 4000이다.

이를 개체수에 대한 표로 나타내면 다음과 같다.

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
I (비멘델)	35	15	15	25	10	×40
II (멘델)	10	40	2	16	32	×30

유전자풀에서 A와 A*의 빈도비를 고려할 때는 X염색체 내 제한된 유전자풀 내에서 빈도를 구한다.

이는, Y염색체가 생식 세포에서 분리된 확률을 고려하지 않고 X염색체 위에 있는 대립 유전자 A와 A*만 고려하여 빈도를 구해도 무방하다는 뜻이다.

$$\therefore \text{III에서 A의 빈도} = 0.2 \times \frac{3}{7} + 0.6 \times \frac{4}{7} = 0.2 + 0.4 \times \frac{4}{7} = \frac{3}{7}$$

[별해]

구분(빈도)	AY	A*Y	AA	AA*	A*A*	곱상수
두 집단을 합한 집단	170	180	66	148	136	×10

실제로 두 집단을 합쳐서 구한 개체수(위 표)를 통해 대립유전자의 개수를 직접 계산해보면

$$\frac{450}{1050} = \frac{3}{7} \text{ 이 나온다.}$$

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. @ < 3000이다. (X)

@=4000이다.

ㄴ. I과 II에서 유전자형이 AA*인 개체수의 차이는 500보다 크다. (O)

I에서 AA* 개체수는 1000, II에서 AA* 개체수는 480이다. 따라서 두 개체수의 차이는 520으로 500보다 크다.

ㄷ. III에서 임의의 유전병 ①을 가지는 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손(F₁)을 낳을 때, 이

F₁이 정상일 확률은 $\frac{2}{7}$ 이다. (O)

성염색체 유전에서 멘델 집단의 우성 형질 암컷이 임의의 수컷과 교배하여

$$\text{열성 형질인 자손을 낳을 확률은 } \frac{q}{1+q} \times \frac{1+q}{2} = \frac{q}{2} \text{이다.}$$

III은 멘델 집단이고, I과 II의 개체를 합친 집단과 대립유전자 빈도가 같으므로 q값은 $\frac{4}{7}$ 이다.

따라서 $\frac{2}{7}$ 이다.