

23.

독립 다인자

다음은 사람의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 3 개의 상염색체에 있는 3 쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (나)는 대립유전자 E와 e에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.
- P의 유전자형은 AaBbDdEE이다.
- P와 Q는 (가)의 표현형은 서로 같고, (나)의 표현형은 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉠의 (가)와 (나)의 표현형이 Q와 같을 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.

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

— <보 기> —

- ㄱ. (가)의 유전은 다인자 유전이다.
- ㄴ. Q의 유전자형은 AaBbDdEe이다.
- ㄷ. ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 12가지이다.

[Comment 1] 독립 다인자

독립 다인자는 파스칼 삼각형 분포를 따른다.

파스칼 삼각형에 대한 정보는 알려진 비율 관계이니 알고 활용하도록 하자.

[파스칼의 삼각형]

이항계수의 합 (상댓값의 합)	이항계수 (표현형 간 비)										
$2^0 (n=0)$									1		
$2^1 (n=1)$							1	1			
$2^2 (n=2)$						1	2	1			
$2^3 (n=3)$					1	3	3	1			
$2^4 (n=4)$				1	4	6	4	1			
$2^5 (n=5)$			1	5	10	10	5	1			
$2^6 (n=6)$		1	6	15	20	15	6	1			
$2^7 (n=7)$		1	7	21	35	35	21	7	1		
$2^8 (n=8)$	1	8	28	56	70	56	28	8	1		

(By 실전개념서 디올)

[Comment 2] 해설

P의 유전자형이 결정되어 있으니 염색체 지도를 완성해보자.

	P	Q
1	0	
1	0	
1	0	
E	E	

P와 Q는 (가)의 표현형은 서로 같으므로 Q의 표현형은 [3]이고 (나)의 표현형은 서로 다르므로 Ee 또는 ee이다.

이때 $\frac{3}{16} = \frac{3}{8} \times \frac{1}{2}$ 이므로

(가)에 대한 단위 확률은 $\frac{3}{8}$, (나)에 대한 단위 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

P의 (가)에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 3$ 이므로 Q의 (가)에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 1$ 이고 P의 (나)에 대한 유전자형이 EE이므로 Q의 (나)에 대한 유전자형은 Ee이다.

[Comment 3] 염색체 지도 정리

염색체 지도를 최종 정리하면 다음과 같다.

P	Q	단위 확률
1 0	1 1	
1 0	1 0	$\frac{3}{8}$
1 0	0 0	
E E	E e	$\frac{1}{2}$

[Comment 4] 선지 판단

ㄱ. (가)는 3쌍의 대립유전자에 의해 결정되므로 (가)의 유전은 다인자 유전이다. (○)

ㄴ. Q의 (가)에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 1$ 이다. 즉, 유전자형에 동형 접합성이 2개, 이형 접합성이 1개 있어야 한다.

Q의 유전자형은 AABbdd, AAbbDd, AaBBdd, AabbDD, aaBbDD, aaBBDD 중 하나이며, 이는 문제 조건만으로 결정되지 않는다. (×)

ㄷ. ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 최대 5가지이고, (나)의 표현형은 최대 2가지이다. 따라서 ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 10가지이다. (×)

답은 ㄱ이다.

[Comment 5] Schema 정리

실전개념 디올에서 학습한 다인자 유전에 대한 Schema를 정리하면 다음과 같다.

- Schema 1 퍼네트 사각형
- Schema 2 비중 표
- Schema 3 상댓값의 합
- Schema 4 양극단의 비
- Schema 5 대칭성
- Schema 6 최대 표현형 가짓수
- Schema 7 비율관계
- Schema 8 벌어진 비율관계
- Schema 9 이항 계수
- Schema 10 중앙값
- Schema 11 종류 표
- Schema 12 차이 양상
- Schema 13 특수한 확률

다음은 사람의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 3개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (나)는 대립유전자 E와 e의 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다. (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.
- P의 유전자형은 AaBbDdEe이고, P와 Q는 (가)의 표현형이 서로 같다.
- P와 Q 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 15가지이다.

㉠가 유전자형이 AabbDdEe인 사람과 (가)와 (나)의 표현형이 모두 같을 확률은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[Comment 1] 연계 예시

기출 문항을 EBS가 연계하고, 연계된 EBS 문항을 다시 기출이 연계한 문항이다. 기출 및 EBS 분석을 충실히 행하도록 하자.

15. 다음은 사람의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 3개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (나)는 대립유전자 E와 e에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다. (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.
- P와 Q는 (가)의 표현형이 서로 같고, (나)의 표현형이 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ②가 태어날 때, ④의 표현형이 P와 같은 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.
- ⑤는 유전자형이 AABBDDEE인 사람과 같은 표현형을 가질 수 있다.

- (가)는 서로 다른 3개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (나)는 대립유전자 E와 e에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.
- P의 유전자형은 AaBbDdEe이다.
- P와 Q는 (가)의 표현형은 서로 같고, (나)의 표현형은 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ③이 태어날 때, ③의 (가)와 (나)의 표현형이 Q와 같은 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.

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

<보기>

- ㉠ (가)의 유전은 다인자 유전이다.
- ㉡, Q의 유전자형은 AaBbDdEe이다.
- ㉢, ③에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 12가지이다.

③에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수는? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① 5 ② 6 ③ 7 ④ 10 ⑤ 14

24학년도 9월 평가원 15번

24학년도 시그널 수특편 (상) - 23번

[Comment 2] 해설

P의 유전자형이 결정되어 있으니 염색체 지도를 완성해보자.

P	Q
1 0	
1 0	
1 0	
E e	

이때 $15=5 \times 3$ 이므로

- (가)에 대한 단위 표현형 가짓수는 5가지
- (나)에 대한 단위 표현형 가짓수는 3가지이다.

P의 (가)에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 3$ 이므로 Q의 (가)에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 1$ 이고
 P의 (나)에 대한 유전자형이 Ee이므로 Q의 (나)에 대한 유전자형은 Ee이다.

[Comment 3] 염색체 지도 정리

염색체 지도를 최종 정리하면 다음과 같다.

P	Q	단위 표현형 가짓수
1 0	1 1	
1 0	1 0	5가지
1 0	0 0	
E e	E e	4가지

[Comment 4] 구하는 것 판단

동일한 표현형의 부모와 자손이 부모와 표현형이 같을 확률은 중앙값이다.

AabbDdEe인 사람은 다인자 표현형이 [2], 중간 유전 표현형이 [Ee]이므로

구하는 확률은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

[Comment 5] 해설 (2) - 알려진 비율관계

파스칼 삼각형과 이형 집합 간 교배의 비율관계는 알고 쓰는 비율관계이다.
따라서 15가지를 분할 후 적절히 비율관계를 나타내면 다음과 같다.

[세로 표]

15가지	5	×	3	
표현형 & 비중	1			
	4		1	
	중양값 [3]	6		2
	4		1	
	1			
상댓값의 합	16		4	

따라서 구하는 확률은 $\frac{4}{16} \times \frac{2}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

다음은 사람의 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 2 개의 상염색체에 있는 2 쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (나)는 1 쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다. (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.
- (나)의 표현형은 4 가지이며, (나)의 유전자형이 DE인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 DF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.
- P와 Q의 (가)의 표현형은 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 16 가지이다.
- ㉠는 유전자형이 AABBEF인 사람과 같은 (가)와 (나)의 표현형을 가질 수 있다.

㉠가 유전자형이 AaBBDD인 사람과 동일한 (가)와 (나)의 표현형을 가질 확률은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[Comment 1] 다인자 복대립 독립

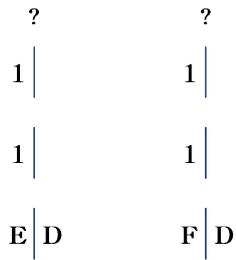
다인자 유전과 복대립 유전을 독립적으로 이해하고 있는지 질문하는 문항이 출제될 수 있다.

[Comment 2] 해설

Ⓐ가 태어날 때, Ⓐ에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 16가지이므로
Ⓐ에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 최대 4가지이고 (나)의 표현형은 최대 4가지이다.

∴ (나)는 $AO \times BO$ 의 특수 교배 상황이다.

Ⓐ는 유전자형이 AABB인 사람과 같은 표현형을 가질 수 있으므로 P와 Q는 모두 A와 B를 모두 갖고 있다. 또한 (나)의 표현형은 최대 4가지이므로 P와 Q의 유전자형을 순서 없이 나타낼 수 있다. 이를 염색체 지도에 나타내면 다음과 같다.



Ⓐ에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 최대 4가지이고 독립 다인자이므로 교배에 대한 수식은 $\Delta 1 \times 3$ 이다. 따라서 P와 Q의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 각각 2와 3 중 하나이고 Ⓐ의 (가)의 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 3일 확률은 $\frac{3}{8}$ 이다.

따라서 Ⓐ가 유전자형이 AaBBDD인 사람과 동일한 (가)와 (나)의 표현형을 가질 확률은 $\frac{3}{32} \left(= \frac{3}{8} \times \frac{1}{4} \right)$ 이다.