

## 41.

순수 다인자

다음은 사람의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 4 쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d, E와 e에 의해 결정되며, A, a, B, b, D, d는 3번 염색체에, E, e는 9번 염색체에 있다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (가)의 표현형이 서로 같은 P와 Q 사이에서 ①가 태어날 때, ①에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 7가지이고, ①의 표현형이 부모와 같을 확률과 ①의 유전자형이 AABbDdEe일 확률은  $\frac{1}{8}$ 로 같다.

①가 유전자형이 AaBbddEe인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[Comment 1] 다인자 유전

22학년도 6월 평가원 문항처럼 순수 다인자 유전 유형이 평가원에 등장할 수 있다.

[대표 기출 - 22학년도 6평]

14. 다음은 사람의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 2개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되며, A, a, B, b는 7번 염색체에 있다.
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- (가)의 표현형이 서로 같은 P와 Q 사이에서 ①가 태어날 때, ①에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 5가지이고, ①의 표현형이 부모와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이며, ①의 유전자형이 AABbDD일 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

①가 유전자형이 AaBbDd인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

- ①  $\frac{1}{8}$       ②  $\frac{1}{4}$       ③  $\frac{3}{8}$       ④  $\frac{1}{2}$       ⑤  $\frac{5}{8}$

정답 ②

[Comment 2] 표현형 종류의 해석

특정 표현형이 등장할 확률에 대한 비율관계는 0이 포함되지 않은 붙어 있는 비율관계와 0이 포함된 벌어진 비율관계로 분류할 수 있다.

따라서 총 차이는 적어도 표현형 가짓수-1보다 같거나 크다.

예를 들어 표현형 종류가 최대 5가지이면 총 차이는 4보다 같거나 크고 표현형 종류가 최대 7가지이면 총 차이는 6보다 같거나 크다.

**[Comment 3] 표현형 확률의 해석**

표현형이 부모와 같은 확률을 통해 비율관계를 역추론할 수 있다.  
 예를 들어 인인과 인반의 교배에서는 다음과 같은 비율관계가 등장한다.

	상인상인	상인상반
	$\begin{array}{c c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{B} & \mathbf{b} \\ \mathbf{D} & \mathbf{d} \end{array}$	$\begin{array}{c c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{B} & \mathbf{b} \\ \mathbf{d} & \mathbf{D} \end{array}$
연관 상태		
	$\begin{array}{c c} \mathbf{E} & \mathbf{e} \end{array}$	$\begin{array}{c c} \mathbf{E} & \mathbf{e} \end{array}$
	$x^3 + 1$	$x^2 + x$
	차이 있음 대문자 차이 3	차이 있음 대문자 차이 1
표기		
	$x + 1$	$x + 1$
	차이 있음 대문자 차이 1	차이 있음 대문자 차이 1
다항식	$(x^3 + 1)(x^2 + x)(x + 1)(x + 1)$	
수식	$\Delta 3 \times 1 + \Delta 1 \times 3$	

**[종류 표]**

자손 최대 표현형 가진 수	7종류						
표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6	7
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1
상댓값의 합	16						
내포된 의미 ①	대문자 수 차이가 있는 상동 염색체 쌍 수가 4쌍						
내포된 의미 ②	표현형이 갖는 최대 대문자 차이 6 = 부모가 갖는 차이의 총합						

**[Comment 4] 유전자형 확률의 해석**

특정 유전자형이 등장할 확률 조건이 주어질 경우

- 1) 특정 유전자형의 존재성
- 2) 가능한 조합 가짓수

와 같이 염색체 지도를 채우는 조건으로 활용할 수 있다.

[Comment 5] 중앙값

부모의 표현형이 같고, 어떤 자손의 ㉠ 표현형이 부모와 같을 확률을 질문할 때, ㉠은 중앙값이다.

	상인상인	상인상반
연관 상태	A   a	A   a
	B   b	B   b
	D   d	d   D
	E   e	E   e
부모의 표현형	4	4
다항식	$(x^3+1)(x^2+x)(x+1)(x+1)$	
수식	$\triangle 3 \times 1 + \triangle 1 \times 3$	

[종류 표]

자손 최대 표현형 가짓 수	7종류						
	표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1
상댓값의 합	16						
내포된 의미 ①	대문자 수 차이가 있는 상동 염색체 쌍 수가 4쌍						
내포된 의미 ②	표현형이 갖는 최대 대문자 차이 6 = 부모가 갖는 차이의 총합						

[Comment 6] 정답

비율 관계는 다음과 같다.

자손 최대 표현형 가짓 수	7종류						
	표현형 대문자 개수	1	2	3	4	5	6
표현형 간 비 (상댓값)	1	3	3	2	3	3	1

따라서 답은  $\frac{3}{16}$ 이다.

다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

- ㉠은 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.
- 표 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡에서 유전자형이 서로 다를 때 표현형의 일치 여부를 각각 나타낸 것이다.

㉠의 유전자형		표현형 일치 여부
사람 1	사람 2	
AA	Aa	○
AA	aa	×
Aa	aa	×

(○: 일치함, ×: 일치 안 함)

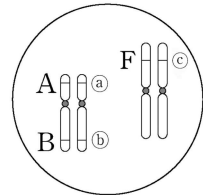
(가)

㉡의 유전자형		표현형 일치 여부
사람 1	사람 2	
BB	Bb	?
BB	bb	×
Bb	bb	×

(○: 일치함, ×: 일치 안 함)

(나)

- ㉣은 1 쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 E, F, G가 있고, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다.
- 그림은 남자 P의 체세포에 들어 있는 일부 염색체와 유전자를 나타낸 것이다. ㉠은 A와 a 중 하나, ㉡은 B와 b 중 하나, ㉣은 E, F, G 중 하나이다.
- ㉠~㉣의 표현형이 각각 서로 다른 남자 P와 여자 Q 사이에서 ㉠과 ㉡가 태어날 때, ㉠의 유전자형이 AaBbEG일 확률과 (가)~(나)의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉡가 태어날 확률은  $\frac{1}{16}$ 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, A, a, E, F, G 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

— <보 기> —

- ㉠. ㉡의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다.
- ㉡. Q에서 a, B, G를 모두 갖는 남자가 형성될 수 있다.
- ㉢. P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (나)의 유전자형이 FF일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다

[Comment 1] 단일 인자 유전(단대립 유전 + 복대립 유전)

22학년도 수능 문항처럼 복대립 유전과 중간 유전, 완전 우성 유전을 엮은 유형이 평가원에 등장할 수 있다.

[대표 기출 - 22학년도 수능]

16. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉢에 대한 자료이다.

○ ㉠은 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.

○ 표 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡에서 유전자형이 서로 다를 때 표현형의 일치 여부를 각각 나타낸 것이다.

㉠의 유전자형			표현형 일치 여부
사람 1	사람 2		
AA	Aa		?
AA	aa		×
Aa	aa		×

(○: 일치함, ×: 일치하지 않음)  
(가)

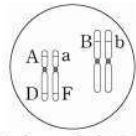
㉡의 유전자형			표현형 일치 여부
사람 1	사람 2		
BB	Bb		?
BB	bb		×
Bb	bb		×

(○: 일치함, ×: 일치하지 않음)  
(나)

○ ㉢은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다.

○ ㉢의 표현형은 4가지이며, ㉢의 유전자형이 DE인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 DF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.

○ 여자 P는 남자 Q와 ㉠~㉢의 표현형이 모두 같고, P의 체세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다.



○ P와 Q 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉠의 ㉠~㉢의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.

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

—<보 기>—

ㄱ. ㉡의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다.
ㄴ. Q에서 A, B, D를 모두 갖는 정자가 형성될 수 있다.
ㄷ. ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄷ

정답 ⑤

[Comment 2] 퍼넷의 활용

단일 인자 유전에서는 퍼넷을 적절히 활용할 수 있다.

P의 생식 세포 Q의 생식 세포	좌	우
	좌좌	좌우
우	우좌	우우

**[Comment 3] 조건 해석**

22학년도 수능 문항과 같이 마지막 조건을 통해 많은 정보를 추출해낼 수 있다.

- 1) P와 Q는 ㉠~㉣의 표현형이 각각 서로 다르다.
- 2) ㉡의 유전자형이 AaBb일 경우는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 3) ㉢의 유전자형이 EG일 경우는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 4) ㉠과 ㉣의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉤가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.
- 5) ㉣의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉤가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다.

위 5가지 조건을 모두 만족해야 한다.

**[Comment 4] 퍼넷 작성**

㉡의 유전자형이 AaBb인 경우가 가능하므로 퍼넷은 다음과 같이 채울 수 있다.

P의 생식 세포	AB	㉠b
Q의 생식 세포	ab	AaBb 좌우
㉢	우좌	우우

이때 P와 Q는 ㉠의 표현형이 서로 다르므로 ㉢는 a를 가져야 하고 ㉡의 유전자형이 AaBb일 경우는 4칸 중 1칸만 채워져야 하므로 ㉢는 aB이다.

P의 생식 세포	AB	㉠b
Q의 생식 세포	ab	AaBb 좌우
aB	AaBB	우우

Q의 유전자형은 aaBb이고 P는 Q의 표현형인 [Bb]와 다른 표현형을 가져야하므로 P의 표현형은 [B]이고 ㉠는 B이다.

이때 ㉡의 유전자형이 AaBb일 경우는 4칸 중 1칸만 채워져야 하므로 ㉠는 a이다.

P의 생식 세포	AB	aB
Q의 생식 세포	ab	AaBb aaBb
aB	AaBB	aaBB

따라서 P의 유전자형은 AaBB이다.

[Comment 5] 퍼넷 작성 (2)

㉠의 유전자형이 EG인 경우가 가능하므로 퍼넷은 다음과 같이 채울 수 있다.

	P의 생식 세포	Ⓨ	F
Q의 생식 세포	Ⓩ	EG	좌우
	Ⓦ	우좌	우우

이때 Ⓨ가 E이면 표현형이 [E]에 해당하는 칸이 퍼넷 사각형 중 2칸을 차지하게 되어 Ⓩ의 표현형이 모두 P와 같은 자녀 ㉡가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야 한다는 조건에 모순이다.

따라서 Ⓨ는 G이고, Ⓩ는 E이다.

	P의 생식 세포	G	F
Q의 생식 세포	E	EG	좌우
	Ⓦ	우좌	우우

Ⓩ의 표현형이 {F}인 자녀 ㉡가 태어날 경우의 수는 4가지 중 1가지만 가능해야하므로 이를 만족시키려면 “우우”에 해당하는 칸만 [F]이어야 한다.

따라서 Ⓦ는 G이다.

[퍼넷 완성]

	P의 생식 세포	AB	aB
Q의 생식 세포	ab	AaBb	aaBb
	aB	AaBB	aaBB

	P의 생식 세포	G	F
Q의 생식 세포	E	EG	EF
	G	GG	FG

[Comment 6] 선지 판단

- ㄱ. ㉠의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다. (○)
- ㄴ. Q에서 a, B, G를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다. (○)
- ㄷ. P과 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (다)의 유전자형이 FF일 확률은 0이다. (×)

답은 ㄱ, ㄴ이다.



[Comment 7] 단위 확률의 활용

비슷하지만 다소 다른 메커니즘의 22학년도 수능 문항을 해제해보자.

16. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

○ ㉠은 대립유전자 A와 a에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.

○ 표 (가)와 (나)는 ㉠과 ㉡에서 유전자형이 서로 다를 때 표현형의 일치 여부를 각각 나타낸 것이다.

㉠의 유전자형			표현형 일치 여부
사람1	사람2		
AA	Aa		?
AA	aa		×
Aa	aa		×

(가)

㉡의 유전자형			표현형 일치 여부
사람1	사람2		
BB	Bb		?
BB	bb		×
Bb	bb		×

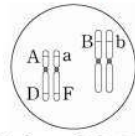
(나)

(○: 일치함, ×: 일치하지 않음)

○ ㉢은 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다.

○ ㉢의 표현형은 4가지이며, ㉢의 유전자형이 DE인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 DF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.

○ 여자 P는 남자 Q와 ㉠~㉢의 표현형이 모두 같고, P의 체세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다.



○ P와 Q 사이에서 ㉢가 태어날 때, ㉢의 ㉠~㉢의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.

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

<보 기>

- ㉠. ㉡의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다.  
 ㉡. Q에서 A, B, D를 모두 갖는 정자가 형성될 수 있다.  
 ㉢. ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다.

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉢      ④ ㉠, ㉡      ⑤ ㉠, ㉢

P와 Q의 표현형이 동일하므로 Q의 유전자형은 A\_B\_F\_임을 알 수 있다.

이때 ㉠~㉢의 유전자형 중 하나라도 동형 접합성이라면 “한 가지” 표현형이 부모와 같게 되고, 나머지 두 가지의 표현형이 부모와 모두 달라야 한다.

이는 부모와 표현형이 다를 단위 확률에  $\frac{3}{4}$ 가 있어야 한다는 말과 같고

이는 부모와 표현형이 같을 단위 확률에  $\frac{1}{4}$ 가 있어야 한다는 말과

같으므로 모순이다. 따라서 Q의 유전자형은 AaBbFD임을 알 수 있다.

[Comment 8] 비중 표의 활용

Q의 연관 상태가 AD/aF인지 AF/aD인지 알 수 없으므로 연관 상태 추론을 도와주는 도구인 매개 문자를 활용하자.

Q의 염색체 지도를 다음이라 하자.



P의 염색체 지도      Q의 염색체 지도

이를 비중 표에 옮겨 교배 양상을 나타내면 다음과 같다.

	비중	1	2	1
비중	Ⓛ의 유전자형	BB	Bb	bb
	Ⓜ, Ⓨ의 유전자형			
1	AAD⊗ (좌좌)			
1	AaD⊙ (좌우)			
1	AaF⊗ (우좌)			
1	aaF⊙ (우우)			

Ⓨ의 표현형이 P와 1가지만 같을 비중이 총 비중 16 중 6만큼을 만족시켜야 한다. 이때 유전자형이 이형 접합인 경우 P와 유전자형이 동일하므로 표현형은 반드시 동일하다. 즉, 유전자형이 Aa이거나 Bb이면 표현형이 동일하다.

또한 F를 가지면 P와 표현형이 동일하므로 표현형이 P와 2가지 이상 같은 칸을 지우면 다음과 같다.

	비중	1	2	1
비중	Ⓛ의 유전자형	BB	Bb	bb
	Ⓜ, Ⓨ의 유전자형			
1	AAD⊗ (좌좌)			
1	AaD⊙ (좌우)			
1	AaF⊗ (우좌)			
1	aaF⊙ (우우)			

비중 6만큼을 차지해야 하므로 색칠한 칸 중 2칸은 반드시 확보되어야 한다. 따라서 B와 b는 중간 유전이고, 나머지(여사건) 칸들이 표현형 조건을 만족하려면 매개 문자 ⊗는 F, ⊙는 D여야 하는 것을 알 수 있다. 표현형 조건을 먼저 만족시키려면 A와 a도 중간 유전이어야 한다.