

### 3.

다음은 사람의 유전 형질 (가)~(라)에 대한 자료이다.

- (가)~(라)를 결정하는 유전자는 모두 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해, (라)는 대립유전자 E와 e에 의해 결정된다. A는 a에 대해, B는 b에 대해, D는 d에, E에 e에 대해 완전 우성이다.
- 표는 사람 I ~ IV의 (가)~(라)의 유전자형과 표현형을 나타낸 것이다.

사람	I	II	III	IV
유전자형	AaBbddee	AabbddEe	aaBbDdee	aabbDdEe
표현형	㉠	㉡	㉢	㉣

- 여자 P와 남자 Q의 유전자형은 AaBbDdEe로 동일하고, ㉠의 유전자형은 aabbddeee이다.
- P와 ㉠ 사이에서 자녀가 태어날 때, 이 자녀에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 4가지이고, 각각 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣이며, 표현형이 ㉠과 같을 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.
- 표는 P와 ㉠ 사이에서 자녀가 태어날 때, 자녀의 특정 표현형이 등장할 확률을 나타낸 것이다.
- P와 Q 사이에서 ㉣가 태어날 때, ㉣에게서 나타날 수 있는 (가)~(라)의 유전자형은 최대 16가지이다.

부모		자녀	
사람 1	사람 2	표현형	확률
P	㉠	㉡	a
P	㉠	㉢	a
P	㉠	㉣	a

㉣가 (가)~(라) 중 적어도 3가지 형질이 발현될 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

**[Comment 1] 연관 추론의 전제 지식**

P에서 A, a와 B, b가 서로 다른 염색체에 존재한다면  
P에서는 유전자형이 AB, Ab, aB, ab인 생식세포가 형성된다.

만약 두 유전자가 한 염색체에 존재하면  
유전자형이 부분집합으로 나타나야 한다.

즉, 유전자형이 AB인 생식세포와 ab인 생식세포만 형성되거나  
유전자형이 Ab인 생식세포와 aB인 생식세포만 형성되어야 한다.

A   a B   b	A   a B   b	A   a b   B
독립	상인 연관	상반 연관
All 독립 (A)	적어도 한 쌍 이상 연관 (A <sup>C</sup> )	
연관 상태 (S)		

그에 따라 연관 상태 (S) 판정에 있어서 첫 단추는  
All 독립을 *Setting* 하는 것이다.

All 독립 상태임을 *Setting* 했을 때, 연역적 오류가 있으면  
연관이 포함되어 있음을 규명할 수 있다.

**[Comment 2] 연관 상태 파악**

All 독립 상태임을 *Setting* 했을 때,  
P와 ㉠ 사이에서 자녀가 태어날 때,  
이 자녀에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 2<sup>4</sup> (16) 가지여야 한다.

이는 모순이므로 적어도 한 쌍 이상의 연관이 포함되며  
표현형은 최대 2<sup>2</sup> (4) 가지라고 제시되어 있으므로  
연역적으로 한 개체 기준 2쌍의 염색체가 교배에 관여함을 알 수 있다.

이때 P와 Q 사이에서 ㉡가 태어날 때, ㉢에게서 나타날 수 있는  
(가)~(라)의 유전자형은 최대 2<sup>4</sup> (16) 가지이므로 유전자형 가짓수를  
단위 분해했을 때 소인수에 3이 포함될 수 없음을 알 수 있다.

이를 고려하면 연관 상태는 2연관 × 2로 귀결된다.

**[연관 상태]**

? | ?  
? | ?  
  
? | ?  
? | ?

**[Comment 3] 인반 판단**

All 이형 집합성이 Setting 일 때 (특수 교배)  
연관 염색체에서 질문하는 바는 상인 vs 상반 판단이다.

<b>A   a</b> <b>B   b</b>	<b>A   a</b> <b>b   B</b>
상인 연관	상반 연관
상인 연관 (A)	상반 연관 (A <sup>c</sup> )
연관 & 이형 집합성 (AaBb) (S)	

즉, 상인 연관인지 상반 연관인지를 판단해야 하며  
이 역시 연역적 판단 vs 귀납적 판단이 가능하다.

**[Comment 4] 전수 Setting**

연역 vs 귀납 판단 이전에 문제에서 가능한 Setting 을 전수 나열하면  
다음과 같다.

구분	개체 수 비중	연관 상태
경우 1	$\frac{A\_B\_}{aaB\_} \quad \frac{A\_bb}{aabb} = \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1}$	독립
경우 2	$\frac{A\_D\_}{aaD\_} \quad \frac{A\_dd}{aadd} = \frac{0}{1} \quad \frac{1}{0}$	Ad/aD 상반 연관
경우 3	$\frac{A\_E\_}{aaE\_} \quad \frac{A\_ee}{aaee} = \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1}$	독립
경우 4	$\frac{B\_D\_}{bbD\_} \quad \frac{B\_dd}{bbdd} = \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1}$	독립
경우 5	$\frac{B\_E\_}{bb\_E\_} \quad \frac{B\_ee}{bbee} = \frac{0}{1} \quad \frac{1}{0}$	Be/bE 상반 연관
경우 6	$\frac{D\_E\_}{dd\_E\_} \quad \frac{D\_ee}{ddee} = \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1}$	독립

**[Comment 5] 연역 vs 귀납 선택의 문제**

자료를 해석하는 방법에는 크게 두 가지가 있다.

$\begin{array}{c c} A & a \\ \hline d & D \\ \\ B & b \\ \hline e & E \end{array}$	$\begin{array}{c c} A & a \\ \hline b & B \end{array}$
1 : 1 인 녀석 2개 (경우 2, 5 $\frac{0}{1} \mid \frac{1}{0}$ ) 캐치하여 눈으로 인반 판단	총 가능한 경우의 수 6개( ${}_4C_2$ ) 중 4개가 $\frac{1}{1} \mid \frac{1}{1}$ 이므로 나머지 2개로 귀결
연역 (A)	귀납 (A <sup>C</sup> )
자료 해석 방법 (S)	

선택 기준은 다음과 같다.

- 1) 공부 과정에서는 연역 vs 귀납 두 가지 모두 학습을 추천
- 2) 시험장에서는 눈풀(연역)이 되는 정도까지 연습하는 게 Best
- 3) 시험장에서 *Blackout* 을 대비하여 귀납(보조 무기)도 자유자재로 활용할 수 있을 정도로 단련

따라서 P의 Map 이 결정된다.

$$\begin{array}{c|c} A & a \\ \hline d & D \\ \\ B & b \\ \hline e & E \end{array}$$

P의 Map

[Comment 6] 교배 양상 파악

P와 Q의 Map을 나타내면 다음과 같다.

<b>A</b>   <b>a</b>	<b>?</b>   <b>?</b>	1번 염색체
<b>d</b>   <b>D</b>	<b>?</b>   <b>?</b>	

<b>B</b>   <b>b</b>	<b>?</b>   <b>?</b>	2번 염색체
<b>e</b>   <b>E</b>	<b>?</b>   <b>?</b>	

P의 Map      Q의 Map

A와 d가 있는 염색체를 1번 염색체, B와 e가 있는 염색체를 2번 염색체라고 임의로 정의하자.

P와 Q 사이에서 ④가 태어날 때, ④에게서 나타날 수 있는 ①~③의 유전자형은 최대 16 ( $4^2$ ) 가지이므로

1번 염색체 간 조합과 2번 염색체 간 조합은 모두 달라야 한다.

<b>A</b>   <b>a</b>	<b>A</b>   <b>a</b>
<b>B</b>   <b>b</b>	<b>b</b>   <b>B</b>
상인 연관	상반 연관
상인 연관 ( $A$ )	상반 연관 ( $A^C$ )
연관 & 이형 접합성 ( $AaBb$ ) ( $S$ )	

연관 & 이형 접합성 ( $AaBb$ ) ( $S$ )에서 상반 연관의 여집합은 상인 연관이므로 Map을 완성할 수 있다.

<b>A</b>   <b>a</b>	<b>A</b>   <b>a</b>	1번 염색체
<b>d</b>   <b>D</b>	<b>D</b>   <b>d</b>	

<b>B</b>   <b>b</b>	<b>B</b>   <b>b</b>	2번 염색체
<b>e</b>   <b>E</b>	<b>E</b>   <b>e</b>	

P의 Map      Q의 Map

[Comment 7] 정답 판단

㉔가 (가)~(라) 중 적어도 3가지 형질이 발현될 확률 (S) 은 직접 Case를 분류하여 (3가지, 4가지 (A)) 구할 수도 있지만

$\begin{array}{c c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{B} & \mathbf{b} \end{array}$	$\begin{array}{c c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{b} & \mathbf{B} \end{array}$
3가지 발현될 확률 + 4가지 발현될 확률	1-2가지 발현될 확률
직접 (A)	1-나머지 ( $A^c$ )
적어도 3 가지 형질이 발현될 확률 (S)	

1-((가)~(라) 중 2가지 형질만 발현될 확률 ( $A^c$ ))로 구하는 게 Case가 적어서 더 유리해보인다.

$\begin{array}{c|c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{d} & \mathbf{D} \end{array}$       $\begin{array}{c|c} \mathbf{A} & \mathbf{a} \\ \mathbf{D} & \mathbf{d} \end{array}$      1번 염색체

$\begin{array}{c|c} \mathbf{B} & \mathbf{b} \\ \mathbf{e} & \mathbf{E} \end{array}$       $\begin{array}{c|c} \mathbf{B} & \mathbf{b} \\ \mathbf{E} & \mathbf{e} \end{array}$      2번 염색체

P의 Map     Q의 Map

상인 연관된 염색체에서 모두 오른쪽 염색체를 주게 되면 상반 연관된 염색체에서 어떤 염색체를 주는지와 무관하게 (가)~(라) 중 2가지 형질만 발현된다.

∴ 구하는 확률은  $1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$  이다.