

기출 학습 Preview

10. 어떤 동물의 유전 형질 ㉠은 3쌍의 대립 유전자 D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정된다. 표는 이 동물에서 개체 I과 II의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 D, d, E, e, F, f의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. I은 암컷이며 성염색체가 XX, II는 수컷이며 성염색체가 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	D	d	E	e	F	f
(가)	2	?	㉡	0	?	?
(나)	1	0	1	1	0	?
(다)	㉢	?	0	1	0	0
(라)	㉣	0	1	?	1	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, d, E, e, F, f 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.) [3점]

— < 보 기 > —

ㄱ. ㉡ + ㉢ + ㉣ = 5이다.

ㄴ. I의 형질 ㉠에 대한 유전자형은 DDEeFf이다.

ㄷ. II에서 D와 f는 서로 다른 염색체에 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

세포 (가)~(라)가 가지는 유전자의 DNA 상대량을 표로 제시하고, 2개는 I의 세포, 나머지 2개는 II의 세포라고 한다. 핵상 논리를 이용하여 각 세포의 핵상을 먼저 파악해보자.

STEP1) 세포 핵상 파악

세포	DNA 상대량					
	D	d	E	e	F	f
(가)	2	?	Ⓜ	0	?	?
2n(2)(나)	1	0	1	1	0	?
(다)	Ⓜ	?	0	1	0	0
2n(2)(라)	Ⓜ	0	1	?	1	1

세포 (나)는 E와 e가 1로 존재하니 핵상이 2n(2)이다.
 세포 (라)는 F와 f가 1로 존재하니 핵상이 2n(2)이다.
 세포 (나)와 (라)의 염색체 구성이 다르니 서로 다른 개체의 세포이다.

STEP 2) 개체 구분 or 상/성 정보 알아내기

세포	성 DNA상대량 성					
	D	d	E	e	F	f
(가)	2	?	Ⓜ	0	?	?
2n(2)(나)II	1	0	1	1	0	?
(다)	Ⓜ	?	0	1	0	0
2n(2)(라)	Ⓜ	0	1	?	1	1

세포 (나)의 대립유전자 D와 d 합이 1이니 D와 d는 성염색체 유전자이고, (나)는 수컷의 세포이다. 또한 대립유전자 E와 e는 상염색체 위에 존재한다.

세포	성 DNA상대량 X					
	D	d	E	e	F	f
(가)	2	?	Ⓜ	0	?	?
2n(2)(나)II	1	0	1	1	0	?
(다)	Ⓜ	?	0	1	0	0
2n(2)(라)I	Ⓜ	0	1	?	1	1

세포 (다)는 F와 f가 모두 존재하지 않기에 F와 f는 성염색체 유전자인데, 세포 (라)는 F와 f

가 모두 존재한다. 따라서 F와 f는 X 염색체 위에 존재하는 유전자이며, (라)는 암컷의 세포이다.

세포 (다)는 X 염색체 유전자 F와 f가 모두 존재하지 않기에 세포 (다)는 수컷의 세포이다. 동시에 세포 (다)의 핵상은 $n(1)$ 이다.

문제의 세포 수 조건에 따라서 자동으로 세포 (가)는 암컷의 세포이다.

암컷 I → 세포 (가), 세포 (라)
수컷 II → 세포 (나), 세포 (다)

세포	X DNA상대량 X					
	D	d	E	e	F	f
$n(2)$ (가) I	2	?	Ⓜ	0	?	?
$2n(2)$ (나) II	1	0	1	1	0	?
$n(1)$ (다) II	Ⓛ	?	0	1	0	0
$2n(2)$ (라) I	Ⓢ	0	1	?	1	1

대립유전자 D와 d가 성염색체 유전자 중 무엇인지 판단하자. 암컷 세포 (가)에 D가 존재하니 대립유전자 D와 d는 X 염색체 위에 존재하는 유전자이다. 따라서 X 염색체 유전자의 연관 상태도 파악해야 한다. (생명과학 1 유전 문제에선 아무 말이 없어도 같은 염색체 위에 존재한다면 항상 연관 해석을 진행해야 한다.)

STEP 3) 대립유전자 set를 이용하여 표 정보 마무리

세포	X DNA상대량 X					
	D	d	E	e	F	f
$n(2)$ (가) I	2	0	Ⓜ	0	?	?
$2n(2)$ (나) II	1	0	1	1	0	1
$n(1)$ (다) II	Ⓛ	0	0	1	0	0
$2n(2)$ (라) I	Ⓢ	0	1	1	1	1

세포 (가)는 여자의 $n(2)$ 이니 대립유전자 set의 합은 2은 모두 2이다. 따라서 Ⓢ=2이다.

세포 (나)는 남자의 $2n(2)$ 이니 X 염색체 유전자를 하나 가져야 한다. 따라서 f=1이다.

세포 (다)는 남자의 $n(1)$ 인데 F와 f를 보니 X 염색체를 안 가진다. 따라서 D와 d를 모두 안 가지고, $\ominus=0$ 이다.

세포 (라)는 여자의 $2n(2)$ 이니 유전자 set의 합은 2은 모두 2이다. 따라서 $\ominus=2$ 이며 유전자 e도 가진다.

STEP 4) 유전자형과 연관 상태 정리

마지막으로 선지에서 각 개체의 유전자형을 물어보니 유전자형에 대해서 정리해줄 것인데, 세포를 보고 독립에 대한 정보는 쉽게 정리 가능하다.

독립인 유전자는 핵상이 $2n$ 인 세포를 보면 정보가 바로 나온다. 예를 들어서 세포 (나)를 보면 개체 II가 Ee라는 사실을 알 수 있고, 세포 (라)를 보면 개체 I이 Ee라는 사실을 알 수 있듯이 말이다.

하지만 여러 유전자가 연관되어 있다면 연관 상태를 구해야 하는데, 세포의 연관 상태는 어떤 방법으로 정리하는 것이 좋을까? 어떤 정보를 먼저 보아야 바로 연관 정보가 튀어나올까?

<세포를 보고 연관 상태를 정리하는 법>

세포의 연관 상태를 정리할 때는 크게 2가지 경우로 나뉜다.

(1) 유전자형이 AaBb와 같이 대소-대소인 경우

A17) 유전형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해서 결정되고, 유전형질 (나)는 대립유전자 B와 b에 의해서 결정되며 모두 상염색체에 존재한다.

세포 P가 가지는 유전자의 각 DNA 상대량이 아래 표와 같이 주어졌다.

세포	A	a	B	b
P	1	1	1	1

분명 유전자형이 AaBb인 것은 알 수 있지만, 대소-대소의 경우 $2n$ 을 보고 연관 상태를 알아낼 수 없다. 그 상태에서 같은 개체의 n 인 세포를 하나 더 주었다고 해보자.

세포	A	a	B	b
Q	1	0	1	0

핵상이 n인 세포를 보니, 유전자 A와 유전자 B가 같은 염색 분체에 존재한다는 것을 알 수 있다. 정리하자면 이 사람의 연관 상태는 AB/ab이다.

이와 같이 대소-대소의 경우 연관 상태를 파악하기 위해서 핵상이 n인 세포를 살펴야 한다.

(2) 유전자형에 동형이 포함된 경우 (대소-소소, 대소-대대, 대대-소소)

A18) 유전형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해서 결정되고, 유전형질 (나)는 대립유전자 B와 b에 의해서 결정되며 모두 상염색체에 존재한다.

세포 R가 가지는 유전자의 각 DNA 상대량이 아래 표와 같이 주어졌다.

세포	A	a	B	b
R	1	1	2	0

유전자형이 AaBB라고 확정난 순간, 연관 상태까지 AB/aB라고 결정이 된다. B가 동형 접합성이기에, 연관 case 분류가 일어나지 않기 때문이다.

AaBb의 경우에는 AB/ab일 수도 있고, Ab/aB일 수도 있는 것처럼 연관 case 분류가 일어나지만 동형이 포함된 경우에는 그런 case의 분류가 존재하지 않는다. 따라서 동형 접합이 포함된 경우에는 주로 2n인 세포를 찾아서 유전자형과 함께 정리하면 된다.

물론, 유전자형을 알아낼 때 2n인 세포와 n인 세포를 모두 살펴보면서 연관 상태를 확정시키는 것이 맞지만, 주로 이러한 원리로 연관 상태 추론을 진행하기에 일단 저 순서대로 세포를 살펴보고 그게 아니라면 다른 정보를 찾는 것이 좋다. 세포 유전자형을 찾는 방법보다는 태도에 대한 이야기로 받아들이면 좋을 것 같다.

다시 본론으로 돌아와서 유전자형을 확정하자.

세포	X DNA상대량 X					
	D	d	E	e	F	f
2n(2)(가) I	2	0	2	0	?	?
2n(2)(나) II	1	0	1	1	0	1
n(1)(다) II	0	0	0	1	0	0
2n(2)(라) I	2	0	1	1	1	1

세포 (나)를 보면 II의 유전자형과 연관 상태가 Df/ Y, Ee임을 알 수 있다.

세포 (라)를 보면 I의 유전자형과 연관 상태가 DF/Df, Ee임을 알 수 있다.

- ㄱ. $\ominus + \oplus + \ominus = 4$ 이다.
- ㄴ. I의 형질 ①에 대한 유전자형은 DDEeFf이다.
- ㄷ. II에서 D와 f는 모두 X 염색체 위에 존재한다.

12. 사람의 유전 형질 (가)는 같은 염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다. 표는 어떤 가족 구성원의 세포 I~IV가 갖는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. I은 G₁기 세포이고, II~IV는 감수 1분열 중기 세포, 감수 2분열 중기 세포, 생식세포를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
아버지의 세포 I	1	0	1	?	?	1
어머니의 세포 II	2	2	ⓐ	0	?	2
아들의 세포 III	?	1	1	0	0	?
㉠ 딸의 세포 IV	ⓑ	0	2	?	?	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. ⓐ+ⓑ=4이다.

ㄴ. $\frac{\text{II의 염색 분체 수}}{\text{IV의 염색 분체 수}} = 2$ 이다.

ㄷ. ㉠의 (가)의 유전자형은 AABBDd이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

(가)가 모두 같은 염색체에 있다고 했으니 3연관 문항이다. 어느 염색체에 존재하는지 파악해야겠다. 특이한건, 각 구성원의 세포를 주는데 핵상 정보를 미리 알려주고 있다. [OBSERVE]의 Key 3)에서 말한 것과 같이, 후보군이 주어졌다면 후보군 배치를 문항의 최우선 목표로 삼고 문제 풀이를 진행하여야 한다. 아버지는 2n(2), 어머니, 아들, 딸의 세포는 순서 없이 2n(4), n(2), n(1)이라고 한다.

STEP 1) 세포 핵상 파악

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
$2n(2)$ 아버지의 세포 I	1	0	1	?	?	1
$2n(4)$ 어머니의 세포 II	2	2	ⓐ	0	?	2
$n(1)$ 아들의 세포 III	?	1	1	0	0	?
$n(2)$ ⓑ 딸의 세포 IV	ⓑ	0	2	?	?	0

어머니의 세포 II를 보니 대립유전자 set A와 a의 합이 4이다. 따라서 세포 II의 핵상은 $2n(4)$ 이다.

그러면 후보군 조건에 따라서 아들과 딸의 세포는 $n(1)$ 과 $n(2)$ 중 하나겠다.

아들의 세포 III에는 1이 존재하니 세포 III의 핵상은 $n(1)$ 이다.

자동으로 딸의 세포 IV의 핵상은 $n(2)$ 이다.

STEP 2) 개체 구분 or 상/성 정보 알아내기

X

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
$2n(2)$ 아버지의 세포 I	1	0	1	?	?	1
$2n(4)$ 어머니의 세포 II	2	2	ⓐ	0	?	2
$n(1)$ 아들의 세포 III	?	1	1	0	0	?
$n(2)$ ⓑ 딸의 세포 IV	ⓑ	0	2	?	?	0

아버지의 핵상은 $2n(2)$ 인데 대립유전자 set A와 a의 합이 1이다. 따라서 (가)의 유전자는 모두 X 염색체 위에 존재한다. (여자에게도 존재하는 유전자이니, Y 염색체 유전자는 불가)

STEP 3) 대립유전자 set를 이용하여 표 정보 마무리

X

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
2n(2) 아버지의 세포 I	1	0	1	0	0	1
2n(4) 어머니의 세포 II	2	2	Ⓐ4	0	2	2
n(1) 아들의 세포 III	0	1	1	0	0	1
n(2) Ⓜ 딸의 세포 IV	Ⓑ2	0	2	0	2	0

모두 X 염색체 유전자라는 것을 유의하여, 표를 위와 같이 채워주자.
따라서 Ⓐ=4, Ⓑ=2이다.

STEP 4) 유전자형과 연관 상태 정리

X

세포	DNA 상대량						
	A	a	B	b	D	d	
2n(2) 아버지의 세포 I	1	0	1	0	0	1	ABd Y
2n(4) 어머니의 세포 II	2	2	Ⓐ4	0	2	2	B / B
n(1) 아들의 세포 III	0	1	1	0	0	1	aBd Y
n(2) Ⓜ 딸의 세포 IV	Ⓑ2	0	2	0	2	0	ABD

세포 I 을 통해 아버지의 유전자형과 연관 상태가 ABd/ Y임을 알 수 있다.

세포 II 를 보니 유전자형이 AaBBDD이니 어머니의 연관 상태를 파악할 수 없다. (ABD/aBd 인지, ABd/aBD인지 모르기 때문) 다른 정보를 이용하여 연관 상태를 정리하도록 하고 일단 넘어가자.

세포 III 을 보니 아들의 유전자형과 연관 상태가 aBd/ Y임을 알 수 있다.

세포 IV 를 보니 딸은 ABD 연관을 가진다.

★ 유전의 기본 원리로 1촌 관계인 부모와 자식은 각 염색체 번호별로 반드시 하나의 염색체를 공유한다는 특징을 이용하자.

X

세포	DNA 상대량						
	A	a	B	b	D	d	
2n(2) 아버지의 세포 I	1	0	1	0	0	1	ABd Y
2n(4) 어머니의 세포 II	2	2	ⓐ4	0	2	2	aBd / A BD
n(1) 아들의 세포 III	0	1	1	0	0	1	aBd Y
n(2) ㉠ 딸의 세포 IV	ⓑ2	0	2	0	2	0	ABD /

아들의 성염색체 중 Y 염색체는 아버지에게서 받고, X 염색체는 어머니에게서 받는다. 따라서 아들이 가지는 aBd는 어머니로부터 왔다.

따라서 어머니의 유전자형과 연관 상태는 aBd/ABD이다.

X

세포	DNA 상대량						
	A	a	B	b	D	d	
2n(2) 아버지의 세포 I	1	0	1	0	0	1	ABd Y
2n(4) 어머니의 세포 II	2	2	ⓐ4	0	2	2	aBd / A BD
n(1) 아들의 세포 III	0	1	1	0	0	1	aBd Y
n(2) ㉠ 딸의 세포 IV	ⓑ2	0	2	0	2	0	ABD / ABd

딸이 가지는 X 염색체 중 하나는 반드시 아버지로부터 오니, 딸은 아버지의 ABd를 가져야 한다.

따라서 딸의 유전자형과 연관 상태는 ABD / ABd이다.

ㄱ. ⓐ + ⓑ = 6이다.

ㄴ. $\frac{2\text{의 염색분체수}}{4\text{의 염색분체수}} = \frac{2n(4)\text{의 염색분체수}}{n(2)\text{의 염색분체수}} = 2$ 이다.

ㄷ. ㉠(딸)의 (가)의 유전자형은 AABBDd이다.

[23.06.07]

7. 어떤 동물 종($2n$)의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. 표는 이 동물 종의 개체 ㉠과 ㉡의 세포 I~IV 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. I~IV 중 2개는 ㉠의 세포이고, 나머지 2개는 ㉡의 세포이다. ㉠은 암컷이고 성염색체가 XX이며, ㉡은 수컷이고 성염색체가 XY이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
I	0	?	2	?	4	0
II	0	2	0	2	?	2
III	?	1	1	1	2	?
IV	?	0	1	?	1	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. IV의 핵상은 $2n$ 이다.

ㄴ. (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

ㄷ. ㉠의 (나)와 (다)에 대한 유전자형은 BbDd이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

STEP 1) 세포 핵상 파악

세포 I은 유전자 D가 4이다. 따라서 세포 I의 핵상은 $2n(4)$ 이다.

세포 III은 대립유전자 B와 b를 모두 가진다. 따라서 세포 III의 핵상은 $2n(2)$ 이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
$2n$ (4) I	0	?	2	?	4	0
II	0	2	0	2	?	2
$2n$ (2) III	?	1	1	1	2	?
IV	?	0	1	?	1	0

STEP 2) 개체 구분 or 상/성 정보 알아내기

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
$2n$ (4) I	0	?	2	?	4	0
II	0	2	0	2	?	2
$2n$ (2) III	?	1	1	1	2	0
IV	?	0	1	?	1	0

세포 I 은 유전자 d를 가지지 않는데, 세포 II는 유전자 d를 가진다. 따라서 세포 I과 II는 서로 다른 개체의 세포이다.

세포 III은 유전자 d를 가지지 않는다. ($2n(2)$ 세포에서 대립유전자 set의 DNA 상대량 합 특징 이용) 마찬가지로 세포 II와 III은 서로 다른 개체의 세포이다.

따라서 세포 I과 세포 III은 같은 개체의 세포이다.

자동으로 세포 II와 세포 IV는 같은 개체의 세포이다.

세포	X DNA 상대량 상					
	A	a	B	b	D	d
$2n$ (4) I	0	2	2	2	4	0
II	0	2	0	2	?	2
$2n$ (2) III	0	1	1	1	2	0
IV	?	0	1	?	1	0

세포 I 과 세포 III은 같은 개체의 $2n(2)$ 와 $2n(4)$ 이니 모든 유전자에 대해서 DNA 상대량 2 배 관계이다.

세포 III에서 대립유전자 set A와 a의 합이 1이다. 따라서 대립유전자 set A와 a는 X 염색체 유전자이다. (Y 염색체 유전자라면 문제의 성별 조건에 의하여 모순) 또한 세포 I 과 세포 III은 남자 $\textcircled{1}$ 의 세포이다. 자동으로 세포 II와 세포 IV는 여자 $\textcircled{2}$ 의 세포이다.

세포 III에서 나머지 대립유전자 set의 합은 2이니, 유전자 B, b, D, d는 상염색체에 존재하는 유전자이다.

세포	X DNA 상대량 상							
	A	a	B	b	D	d		
$2n(4)$ I	0	2	2	2	4	0		
$n(2)$ II	0	2	0	2	?	2		
$2n(2)$ III	$\textcircled{1}$ 0	1	1	1	2	0		
$n(1)$ IV	?	0	1	?	1	0		

세포 II와 세포 IV는 서로 같은 개체의 세포인데, 세포 II에 존재하는 유전자 a가 세포 IV에는 없다. 마찬가지로 세포 IV에 존재하는 유전자 B가 세포 II에는 없다. 따라서 두 세포 모두 핵상이 n이니, 세포 II는 $n(2)$, 세포 IV는 $n(1)$ 이다.

STEP 3) 대립유전자 set를 이용하여 표 정보 마무리

세포	X DNA 상대량 상							
	A	a	B	b	D	d		
$2n(4)$ I	0	2	2	2	4	0		
$n(2)$ II	0	2	0	2	0	2		
$2n(2)$ III	$\textcircled{1}$ 0	1	1	1	2	0		
$n(1)$ IV	1	0	1	0	1	0		

각 대립유전자 set의 DNA 상대량 합 특징을 이용하여 표를 위와 같이 채워주자.

STEP 4) 유전자형과 연관 상태 정리

세포	X DNA 상대량 상						
	A	a	B	b	D	d	
② $2n$ (4) I	0	2	2	2	4	0	aY BbDD → AaBbDd
n (2) II	0	2	0	2	0	2	
① $2n$ (2) III	0	1	1	1	2	0	
n (1) IV	1	0	1	0	1	0	

세포 I 을 보니 개체 ②의 유전자형은 aYBbDD이다.

세포 II와 IV를 보니 개체 ①에는 모든 유전자가 존재한다. 따라서 개체 ①의 유전자형은 AaBbDd이다.

- ㄱ. IV의 핵상은 n이다.
- ㄴ. (가)의 유전자는 X 염색체 위에 있다.
- ㄷ. ①의 (나)와 (다)에 대한 유전자형은 BbDd이다.

13. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 대립유전자 B와 B*에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (다)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있고, 각 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
- (나)와 (다)의 유전자형이 BB*DF인 아버지와 BB*EF인 어머니 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)~(다)의 표현형은 최대 12가지이고, (가)~(다)의 표현형이 모두 아버지와 같을 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.
- 유전자형이 AA*BBDE인 아버지와 A*A*BB*DF인 어머니 사이에서 ㉡이 태어날 때, ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 어머니와 같을 확률은 $\frac{1}{16}$ 이다.

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

- <보 기>
- ㄱ. D는 E에 대해 완전 우성이다.
 - ㄴ. ㉠이 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 최대 3가지이다.
 - ㄷ. ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 아버지와 같을 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[21.11.13] - 복대립 +일반 확률

13. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다.
 ○ (가)는 대립유전자 A와 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
 ○ (나)는 대립유전자 B와 B*에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
 ○ (다)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있고, 각 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하다.
 ○ (나)와 (다)의 유전자형이 BB*DF인 아버지와 BB*EF인 어머니 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉠에게서 나타날 수 있는 (가)~(다)의 표현형은 최대 12가지이고, (가)~(다)의 표현형이 모두 아버지와 같을 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.
 ○ 유전자형이 AA*BBDE인 아버지와 A*A*BB*DF인 어머니 사이에서 ㉡이 태어날 때, ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 어머니와 같을 확률은 $\frac{1}{16}$ 이다.

←독립

← $A > A^*$

← $B = B^*$

← 이번에는 “대립유전자 3개를 가지고 우열관계를 추론해봐!”라고 말을 하고 있네. 똑같이 추가 조건을 가지고 추론을 해보자.

← 어라.. 그런데 이번에는 조금 이상하다. 유전자 A에 대한 정보를 부모에게서 아무것도 얻을 수가 없다. 흠... 일단 알 수 있는 정보부터 다 정리하면서 차분히 풀어보자. (추가 조건 1)

← 여기서는 방금 전 문제에서 푼 것과 같은 형식의 추가 조건이다. 여기서 해석한 조건들을 잘 조합해서 복대립 유전 우열관계를 추론해야겠다. (추가 조건 2)

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

—<보 기>—

ㄱ. D는 E에 대해 완전 우성이다.
 ㄴ. ㉠이 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 최대 3가지이다.
 ㄷ. ㉡의 (가)~(다)의 표현형이 모두 아버지와 같을 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

수능에서는 이런 식으로 6평, 9평에 사용되었던 소재를 가지고 연계를 하는 방식으로 문제가 출제된다. 해당년도 평가원 문제 논리에 대한 복습의 중요성을 잘 알 수 있는 좋은 기회로 생각하고 해당 문제를 해결하면서 직접 연계를 체감해보도록 하자.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

추가 조건 1) 유전 형질 (나)에 대해서는 중간 유전이라는 정보와 유전자형 정보를 모두 제공했으니 정보가 가장 많다. 표현형 정보를 해석할 때 일단 주도적으로 사용하면 될 것 같다. [21.11.13]뿐만 아니라 항상 어떤 문제를 풀더라도 가장 정보를 많이 준 부분부터 해결하는 방식으로 문제를 풀어나가야 평가원이 의도한 대로 문제를 풀어낼 수 있을 것이다.

유전자형이 BB*DF인 아버지와 BB*EF인 어머니 사이에서 자손이 태어날 때, 자손이 가질 수 있는 표현형이 최대 12가지이다. $12 = 2 \times 3 \times 2$ 이다. 즉, 유전형질 (가)와 유전형질 (다)에서 각각 2가지의 표현형이 나올 수가 있다는 것을 의미한다.

(가)에 대한 유전자형은 제시되어 있지는 않아서 더 많은 정보를 캐낼 수 없다. 그러나 (다)의 유전자형은 아버지와 어머니가 각각 DF, EF라는 정보가 제시되었고 이 둘 사이에서 2가지 복대립 표현형이 나올 수 있음을 알 수 있다. 따라서 겉치는 대립유전자 F는 최열성 대립유전자가 될 수 없다.

또한 위 상황에서 아버지와 자식의 표현형이 같을 확률 $\frac{3}{16}$ 이다.
 아버지와 자식의 (가) 표현형과 (다) 표현형이 같을 확률을 각각 x와 y라고 해보자. 식을 세워 보면 $\frac{3}{16} = x \times \frac{1}{2} \times y$, 따라서 $xy = \frac{3}{8} = \frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ 이다. 즉, x와 y가 각각 $\frac{3}{4}$ 과 $\frac{1}{2}$ 중 하나이다. 더 이상 해석할 것이 없으니 추가조건 2로 넘어가보자.

추가 조건 2) 유전자형이 AA^*BBDE 아버지와 $A^*A^*BB^*DF$ 인 어머니 사이에서 자식이 태어날 때 표현형이 모두 어머니와 같을 확률이 $\frac{1}{16}$ 이라고 했다.

$\frac{1}{16} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ 이니 유전자형이 DE인 아버지와 DF인 어머니 사이에서 태어나는 자식의 표현형이 어머니 표현형 [DF]와 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이라는 것이다.

최우성 유전자에 대한 확률은 반드시 $\frac{1}{2}$ 이상이다. 따라서 어머니가 가지는 대립유전자 D와 F는 모두 최우성 유전자가 아니다. 따라서 최우성 유전자는 E이다.

추가 조건 1에서 얻은 결론, 대립유전자 F는 최열성 유전자가 될 수 없음과 추가 조건 2의 결론을 종합해보면 대립유전자 E가 1등, F가 2등, D가 3등(E>F>D)으로 결정이 된다!

추가 조건 2를 해석하니 복대립 유전자의 우열관계를 모두 알아낼 수 있었다. 아까 해석을 못했던 추가 조건 1을 끝까지 해석해보자.

<해석 못한 조건>

유전자형이 BB^*DF 인 아버지와 BB^*EF 인 어머니 사이에서 자식이 태어날 때, 표현형이 아버지와 같을 확률이 $\frac{3}{16}$ 이다.

아버지와 같은 확률 $\frac{3}{16} = x \times \frac{1}{2} \times y$ 따라서 $xy = \frac{3}{8} = \frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$

(나)와 (다)의 유전자형이 BB^*DF 인 아버지와 BB^*EF 인 어머니 사이에서 자식이 태어날 때 아버지와 같을 확률이 $\frac{3}{16}$ 이다.

복대립 우열관계에 의해서 $y = \frac{1}{2}$ (어머니에게 E를 받지 않는 순간 F를 받아서 표현형 조건 만족) 따라서 $x = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서 아버지 어머니의 (가) 유전자형은 모두 AA^* 이다.

ㄱ. E>F>D이다.

ㄴ. $AA^* - AA^*$ 사이에서 나올 수 있는 유전자형은 3가지이다.

ㄷ. $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다

13. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 대립유전자 B와 b에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (다)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다. D는 E, F에 대해, E는 F에 대해 각각 완전 우성이다.
- P의 유전자형은 AaBbDF이고, P와 Q는 (나)의 표현형이 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ①a가 태어날 때, ①a가 P와 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.
- ①a가 유전자형이 AAAbbFF인 사람과 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률은 $\frac{3}{32}$ 이다.

①a의 유전자형이 aabbDF일 확률은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{16}$ ④ $\frac{1}{32}$ ⑤ $\frac{1}{64}$

[24.11.13]

13. 다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 대립유전자 B와 b에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (다)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F가 있다. D는 E, F에 대해, E는 F에 대해 각각 완전 우성이다.
- P의 유전자형은 AaBbDF이고, P와 Q는 (나)의 표현형이 서로 다르다.
- P와 Q 사이에서 ①가 태어날 때, ①가 P와 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.
- ②가 유전자형이 AAbbFF인 사람과 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률은 $\frac{3}{32}$ 이다.

①의 유전자형이 aabbDF일 확률은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{16}$ ④ $\frac{1}{32}$ ⑤ $\frac{1}{64}$

각 대립유전자 간의 우열 관계 $A>a, B>b, D>E>F$ 라는 조건과 독립이라는 조건을 주었다. 우열 관계에 대한 조건을 많이 제공한 대신 Q에 대한 유전자형을 모두 가렸다. 그러면 문제의 목표 중 하나는 Q의 유전자형을 찾는 것이라고 할 수 있겠다.

P의 유전자형은 AaBbDF이며 P와 Q는 (나)의 표현형이 서로 다르다고 한다. 그러면 어느 자식의 표현형이 태어나도 (나)에 대한 표현형 확률은 $\frac{1}{2}$ 로 고정된다고 할 수 있겠다. (중간 유전은 한 명만 대소를 가져도 부모와 표현형이 같을 확률이 $\frac{1}{2}$ 로 고정)

첫 번째 조건에서 자식의 (가)~(다)의 표현형이 P와 같을 확률이 $\frac{3}{16}$ 이라고 하였다. (나)의 확률은 알고 있으니 (가)의 확률과 (다)의 확률을 곱했을 때 $\frac{3}{8}$ 이 나오도록 해야겠다. 즉 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ 로 쪼개지겠다.

두 번째 조건으로 마무리해보자. 유전자형이 AAbbFF인 사람과 자식의 (가)~(다)의 표현형이 모두 같을 확률이 $\frac{3}{32}$ 라고 하였다. 역시 (나)가 $\frac{1}{2}$ 로 고정되어 있기에 (가)와 (다)의 확률 곱

이 $\frac{3}{16}$, 즉 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$ 로 쪼개져야겠다. 아래 2가지 풀이 중 어떤 풀이를 선택해도 상관없다.

(1) 가장 열성 표현형인 [F] FF가 확률 $\frac{3}{4}$ 을 발생시킬 수 없으므로 Aa가 $\frac{3}{4}$ 부분을 발생시킨다.

(2) 이형 접합성 논리로 분모가 16이니 이형 (가)와 (다)가 모두 이형접합성. 따라서 Aa - Aa가 되므로 Aa가 $\frac{3}{4}$ 부분을 발생시킨다.

→ 결론적으로 Q는 Aa를 가지며, (가)의 표현형이 [A]일 확률이 $\frac{3}{4}$, (다)의 표현형이 [F]일 확률이 $\frac{1}{4}$ 이다.

또한 자식 중에서 [bb] 표현형이 나올 수 있으니 Q의 (나) 유전자형은 bb이다.

여기까지 정리하면, P의 유전자형은 AaBbDF이고, Q의 유전자형은 Aabb__이다.

마지막으로, P와 Q 사이에서 태어나는 자식의 (다) 표현형이 [F]일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이니 우선 Q는 대립유전자 F를 가지며 동형 접합성을 가질 수 없다.

즉, Q의 유전자형은 Aabb_F이며, _에는 대립유전자 E나 D가 들어가야 한다. 추가 조건 2를 다 썼으니, 추가 조건 1로 다시 돌아가보자.

자식의 (가), (다) 표현형이 부모 P와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$ 이 나온다. $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ 인데, 부모가 완전 우성 유전 (가)에 대해서 모두 Aa이니, (가)에 대한 확률이 $\frac{3}{4}$ 이고 (다)에 대한 확률이 $\frac{1}{2}$ 이다.

(1) 최우성 표현형 특징 이용하기

아이의 (다) 표현형이 부모 P [D] 표현형일 확률이 $\frac{1}{2}$ 이니 Q는 최우성 표현형 [D]를 추가로 만들어내면 안 된다. (최우성 표현형은 부모 양쪽에 1개만 존재해도 확률이 $\frac{1}{2}$ 이상)

따라서 부모 Q의 유전자형은 AabbEF이다.

(2) 모든 확률의 합이 1임을 이용하기

자식의 (다) 표현형이 P와 같을 확률이 $\frac{1}{2}$, Q와 같을 확률이 $\frac{1}{4}$ 이다. 즉, P와 Q의 (다) 표현형은 다른 상태이다.

부모가 주는 대립유전자	?	?
?	부모 P와 표현형이 같은 자손	부모 Q의 표현형이 같은 자손
?	부모 P의 표현형이 같은 자손	부모 P, Q 모두와 표현형이 다른 자손

그런데 모든 표현형에 대한 확률의 합은 1이 되어야 한다.

즉, 부모가 만들어내는 전체 경우의 수 4칸 중에서 2칸은 P와 같은 표현형을, 1칸은 Q와 같은 표현형을 나타내니, 여분의 1칸이 남게 된다. 여분 1칸의 표현형은 P와 Q와 표현형이 모두 달라야 함을 의미하고, 이는 자식에게 3가지 표현형이 모두 나타날 수 있음을 의미한다.

자식이 모든 표현형을 나타낼 수 있어야 하니, 대립유전자 D, E, F가 부모를 합쳐서 모두 존재(#8에서 공부한 내용)해야 한다. 따라서 Q의 유전자형은 AabbEF이다. (P에게는 E가 존재하지 않으니)

정리하면, P의 유전자형은 AaBbDF, Q의 유전자형은 AabbEF이다.

따라서 문제에서 구하고자 하는 확률, 자식이 태어났을 때 유전자형이 aabbDF인 사람과 유전자형이 같을 확률은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32}$ 이다.