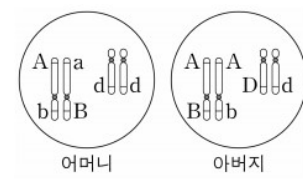


다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- (가)와 (나)는 유전자는 7번 염색체에, (다)의 유전자는 13번 염색체에 있다.
- 그림은 어머니와 아버지의 체세포 각각에 들어 있는 7번 염색체, 13번 염색체와 유전자를 나타낸 것이다.
- 표는 이 가족 구성원 중 자녀 1~3에서 체세포 1개당 A, b, D의 DNA 상대량을 더한 값(A+b+D)과 체세포 1개당 a, b, d의 DNA 상대량을 더한 값(a+b+d)을 나타낸 것이다.



구성원		자녀 1	자녀 2	자녀 3
DNA 상대량을	A+b+D	5	3	4
더한 값	a+b+d	3	3	1

- 자녀 1~3은 (가)의 유전자형이 모두 같다.
- 어머니의 생식세포 형성 과정에서 ㉠이 1회 일어나 형성된 난자 P와 아버지의 생식세포 형성과정에서 ㉡이 1회 일어나 형성된 정자 Q가 수정되어 자녀 3이 태어났다. ㉠과 ㉡은 7번 염색체 결실과 13번 염색체 비분리를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 자녀 3의 체세포 1개당 염색체 수는 47이고, 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

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

— <보 기> —

- ㄱ. 자녀 2에게서 A, B, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.
- ㄴ. ㉠은 7번 염색체 결실이다.
- ㄷ. 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

[Comment 1] 22학년도 6월 평가원 15번 문제의 연장선이 이번 6월 17번으로 여겨진다.

두 문항의 주 논리가 부모로부터 받는 염색체, 받을 수 없는 염색체를 구분해 내는 것이며 이 논리는 23학년도 9월 평가원 18번에서도 쓰인다.

15. 다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

○ (가)를 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 모두 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립유전자 H와 H', R과 R', T와 T'를 갖는다.

○ 그림은 아버지와 어머니의 체세포 각각에 들어 있는 일부 염색체와 유전자를 나타낸 것이다. 아버지와 어머니의 핵형은 모두 정상이다.

○ 아버지의 생식세포 형성 과정에서 ㉠이 1회 일어나 형성된 정자 P와 어머니의 생식세포 형성 과정에서 ㉡이 1회 일어나 형성된 난자 Q가 수정되어 자녀 ②가 태어났다. ㉢과 ㉣은 염색체 비분리와 염색체 결실을 순서 없이 나타낸 것이다.

○ 그림은 ②의 체세포 1개당 H', R, T, T'의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, H', R, R', T, T' 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

- <보기>
- ㄱ. 난자 Q에는 H가 있다.
 ㄴ. 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
 ㄷ. ②의 체세포 1개당 상염색체 수는 43이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

22학년도 6월 평가원 15번

18. 다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

○ (가)는 대립유전자 A와 A'에 의해, (나)는 대립유전자 B와 B'에 의해, (다)는 대립유전자 D와 D'에 의해 결정된다.

○ (가)와 (나)의 유전자는 7번 염색체에, (다)의 유전자는 9번 염색체에 있다.

○ 표는 이 가족 구성원의 세포 I~V 각각에 들어 있는 A, A', B, B', D, D'의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

구분	세포	DNA 상대량					
		A	A'	B	B'	D	D'
아버지	I	?	?	1	0	1	?
어머니	II	0	?	?	0	0	2
자녀 1	III	2	?	?	1	?	0
자녀 2	IV	0	?	0	?	?	2
자녀 3	V	?	0	?	2	?	3

○ 아버지의 생식세포 형성 과정에서 7번 염색체에 있는 대립유전자 ㉠이 9번 염색체로 이동하는 돌연변이가 1회 일어나 9번 염색체에 ㉡이 있는 정자 P가 형성되었다. ㉢은 A, A', B, B' 중 하나이다.

○ 어머니의 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리가 1회 일어나 염색체 수가 비정상적인 난자 Q가 형성되었다.

○ P와 Q가 수정되어 자녀 3이 태어났다. 자녀 3을 제외한 나머지 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

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

- <보기>
- ㄱ. ㉢은 B'이다.
 ㄴ. 어머니에게서 A, B, D를 모두 갖는 난자가 형성될 수 있다.
 ㄷ. 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

23학년도 9월 평가원 18번

[Comment 2] 서로 다른 다양한 조합의 대립유전자의 DNA 상대량을 더한 값을 병렬로 제시한 내용은 직전 해 수능에서 기출된 바 있다. 그에 따라 본 17번 문항은 기본적인 돌연변이 내용에 대한 이해와 기출 문항에 대한 각각도 분석과 이해를 요하는 것을 알 수 있다. 다양한 관점으로 풀어보도록 하자.

19. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

○ (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있다.

○ (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.

○ (나)는 대립유전자 E, F, G에 의해 결정되며, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다. (나)의 표현형은 3가지이다.

○ 가계도는 구성된 ②를 제외한 구성된 1~5에게서 (가)의 발현 여부를 나타낸 것이다.

○ 표는 구성된 1~5와 ②에서 체세포 1개당 E와 F의 DNA 상대량을 더한 값(E+F)과 체세포 1개당 F와 G의 DNA 상대량을 더한 값(F+G)을 나타낸 것이다. ㉠-㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

구성원	1	2	3	②	4	5	
DNA 상대량 합	E+F	?	?	1	㉠	0	1
더한 값	F+G	㉡	?	1	1	1	㉢

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

- <보기>
- ㄱ. ②의 (가)의 유전자형은 동형 접합성이다.
 ㄴ. 이 가계도 구성된 중 A와 G를 모두 갖는 사람은 2명이다.
 ㄷ. 5의 동생이 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 2와 같을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

23학년도 수능 19번

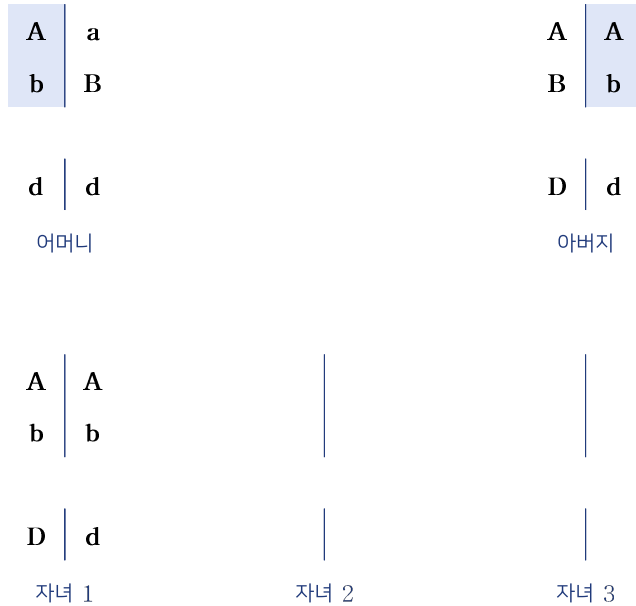
[Comment 3] [풀이 1] 연역적 풀이 : 합의 관점 By 23 수능

$A+b+D$ 와 $a+b+d$ 를 합하면 $A+a+2b+D+d$ 이다.

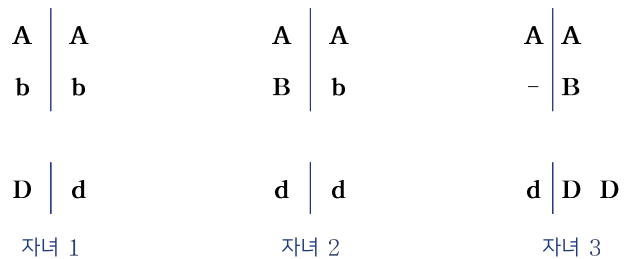
이때 정상 자녀 1과 2에서 $A+a+D+d$ 는 4여야 한다. 따라서 $A+a+2b+D+d$ 에서 4(체세포 1개당 $A+a+D+d$ 의 DNA 상대량)를 빼고 2로 나누면 자녀 1과 2의 체세포 1개당 b 의 DNA 상대량을 각각 구할 수 있다.

자녀 1과 2의 $A+a+2b+D+d$ 는 각각 8과 6인데, 여기서 4(체세포 1개당 $A+a+D+d$ 의 DNA 상대량)를 빼면 자녀 1과 2의 체세포 1개당 $2b$ 의 DNA 상대량은 4와 2이다.

따라서 자녀 1의 (나)의 유전자형은 bb , 자녀 2는 Bb 이다. 자녀 1은 돌연변이가 일어나지 않은 정상 자손이므로 아버지와 어머니로부터 b 를 갖는 염색체를 추적해보면 자녀 1의 유전자형은 $Ab/Ab Dd$ 임을 알 수 있다.

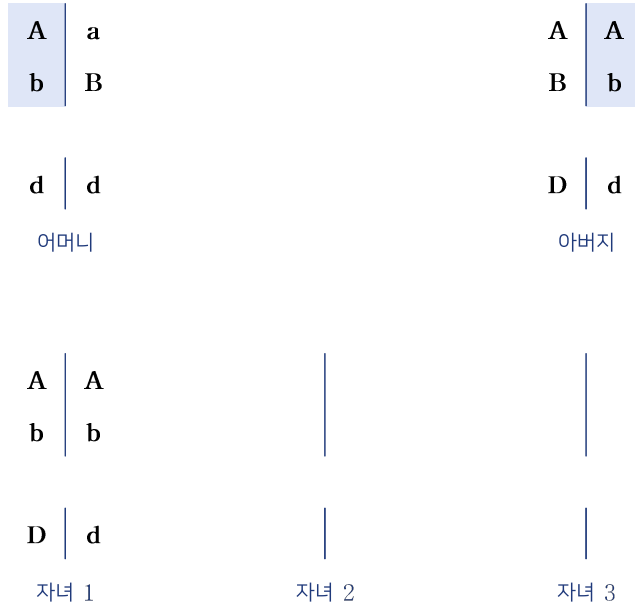


자녀 2와 3의 (가)의 유전자형도 AA 로 같아야 하므로 자녀 2는 $AB/Ab dd$ 이고, 자녀 3은 $a+b+d=0+0+1$ 인데 $A+b+D=2+0+2$ 이어야 하므로 DD (아버지로부터 감수 2분열 비분리)를 받았고, 어머니의 Ab 염색체에서 b 가 결실되었다.

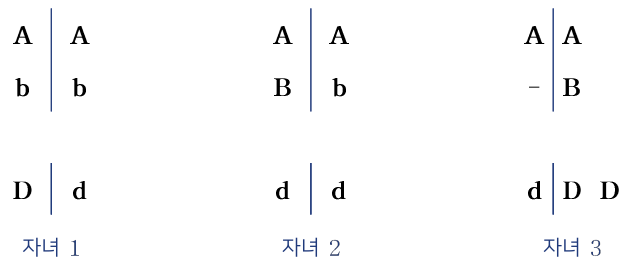


[Comment 4] [풀이 2] 정상 자녀부터 : 자녀 1의 A+b+D가 5라는 특이점 활용

자녀 1의 $A+b+D=5(2+2+1)$ 이고 가계도 내 DNA 상대량에서 위상이 가장 높은 숫자는 2이다. 이는 동형 접합성을 방증하기 때문이다. 정상 자녀 1의 (다)에 대한 유전자형은 DD일 수 없으므로 A와 b의 DNA 상대량이 2, D의 DNA 상대량이 1이다. 따라서 자녀 1의 유전자형은 $Ab/Ab Dd$ 이다.



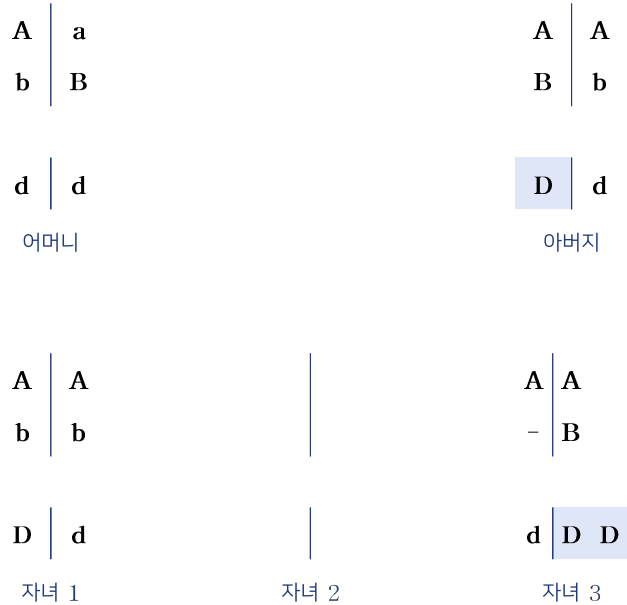
자녀 2와 3의 (가)의 유전자형도 AA로 같아야 하므로 자녀 2는 $AB/Ab dd$ 이고, 자녀 3은 해설 1과 구한 것과 같은 방법으로 구해낼 수 있다.



[Comment 5] [풀이 3] 돌연변이 자녀부터 : 자녀 3의 a+b+d가 1라는 특이점 활용

염색체 수가 47이다 조건을 통해 비분리 생식세포는 $n+1$ 이므로 부모는 모두 13번 염색체를 최소 하나씩은 물려주었다. 따라서 어머니는 자녀 3에게 최소 d를 하나 물려주어야 하므로 $a+b+d=0+0+1$ 임을 알 수 있다.

이때 자녀 3의 13번 염색체는 3개이므로 (다)의 유전자형은 DDd이고, 아버지로부터 D를 2개 물려받았으므로 ㉠이 7번 염색체 결실, ㉡이 13번 염색체 비분리임을 파악할 수 있다.

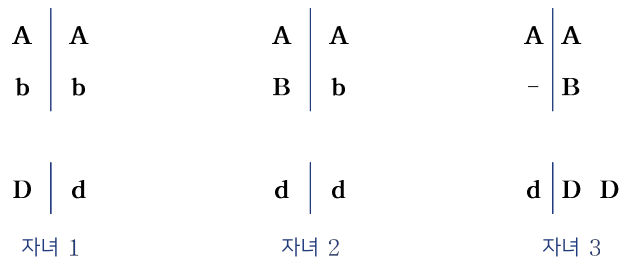


자녀 3은 b를 갖지 않으므로 아버지는 A와 B가 연관된 염색체를 물려주었고 자녀 3의 $A+b+D=2+0+2$ 이므로 자녀 3은 A-/AB DD임을 알 수 있다.

자녀 1~3의 (가)의 유전자형은 모두 같으므로 서로 다른 유전자 연관 상태를 갖는 자녀 1과 2의 유전자형은 AABb와 AAAb 중 하나일 수밖에 없다.

(문제에서 자녀 1과 자녀 2로 구분된다는 건, 철저히 다른 조건은 변인 통제된 상태로 출제되기 때문에 유전자 지도가 다르다는 것을 의미한다!)

DNA 상대량의 합 조건을 활용하면 다음을 알 수 있다.



[Comment 7] 선지 판단

- ㄱ. 자녀 2에게서 A, B, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다. (×)
- ㄴ. ㉠은 7번 염색체 결실이다. (○)
- ㄷ. 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다. (○)

[Comment 8] 방향성 설정

추론형 문항은 문제에서 특이점을 잡아 연역적으로 풀어나갈 수도 있고 보이지 않는다면 귀납적으로 표를 깔아 풀어나가는 법도 연습해두는 게 좋다.

항상 강조하던 바....!

또한 사람의 유전병 유형의 알고리즘은 방향성을 판단한 후 세 갈래 길로 나뉜다.

[정상 vs 유전병 자손이 구분되는 문항]

정상 자녀부터 관찰할지
돌연변이 자녀부터 관찰할지

[정상 vs 유전병 자손을 구분해야 하는 문항]

공통적으로, 특이점으로 관찰할 수 있는 정보 찾기

본 문항은 유전병 자손이 자녀 3으로 드러나 있어서
정상 자녀 vs 돌연변이 자녀 중 어느 자손을 먼저 볼 지 선택해야 하는데

정상 자녀의 경우 2+2+1이라는 특이점이
유전병 자녀의 경우 0+0+1이라는 특이점이 나타나

어느 방향으로 출발하여도 문항을 풀어나갈 수 있고
혹여 어떤 방향으로 출발하였을 때 문제가 풀려나가지 않는다면
빠른 방향 전환을 통해 다른 방향으로 틀어도 풀 수 있는

좋게 말하면 굉장히 유기적인
나쁘게 말하면 난이도 낮추려는 흔적이 보였던 과조건 문항이다.

다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

○ (가)를 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 모두 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립유전자 H와 H*, R와 R*, T와 T*를 갖는다.

○ 그림은 아버지와 어머니의 체세포 각각에 들어 있는 일부 염색체와 유전자를 나타낸 것이다. 아버지와 어머니의 핵형은 모두 정상이다.

○ 아버지의 생식세포 형성 과정에서 ㉠이 1회 일어나 형성된 정자 P와 어머니의 생식세포 형성 과정에서 ㉡이 1회 일어나 형성된 난자 Q가 수정되어 자녀 ㉢가 태어났다. ㉠과 ㉡은 염색체 비분리와 염색체 결실을 순서 없이 나타낸 것이다.

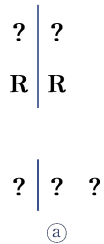
○ 그림은 ㉢의 체세포 1개당 H*, R, T, T*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
 (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, H*, R, R*, T, T* 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

- <보 기> —
- ㄱ. 남자 Q에는 H가 있다.
- ㄴ. 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
- ㄷ. ㉢의 체세포 1개당 상염색체 수는 43이다.

[Comment 1] 17-1 해설

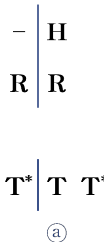
어머니와 아버지, ㉠의 유전자 지도를 나타내면 다음과 같다.



㉠의 H*의 DNA 상대량이 0이므로 아버지의 생식 세포 형성 과정으로부터 H*의 결실이 일어나야 하고 어머니의 생식 세포 형성 과정으로부터 염색체 비분리가 일어나야 한다.

이때 아버지의 정상 생식 세포로부터 T*를 하나 받으므로 어머니의 생식 세포로부터 TT*를 받아야 한다.

따라서 감수 1분열 비분리가 일어났다.



- ㄱ. 남자 Q에는 H가 있다. (○)
- ㄴ. 생식세포 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 1분열에서 일어났다. (×)
- ㄷ. ㉠의 체세포 1개당 상염색체 수는 45이다. (×)

다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- P의 유전자형은 AaBbDd이고, Q의 유전자형은 AabbDd이며, P와 Q의 핵형은 모두 정상이다.
- 표는 P의 세포 I~Ⅲ과 Q의 세포 IV~Ⅵ 각각에 들어 있는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P	I	0	1	?	㉣	0	㉡
	Ⅱ	㉠	㉡	㉠	?	㉠	?
	Ⅲ	?	㉡	0	㉣	㉣	㉡
Q	Ⅳ	㉣	?	?	2	㉣	㉣
	Ⅴ	㉡	㉣	0	㉠	㉣	?
	Ⅵ	㉠	?	?	㉠	㉡	㉠

- 세포 ㉠과 ㉡ 중 하나는 염색체의 일부가 결실된 세포이고, 나머지 하나는 염색체 비분리가 1회 일어나 형성된 염색체 수가 비정상적인 세포이다. ㉠은 I~Ⅲ 중 하나이고, ㉡는 IV~Ⅵ 중 하나이다.
- I~Ⅵ 중 ㉠과 ㉡를 제외한 나머지 세포는 모두 정상 세포이다.

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

—<보 기>—

- ㄱ. (가)의 유전자와 (다)의 유전자는 같은 염색체에 있다.
- ㄴ. Ⅳ는 염색체 수가 비정상적인 세포이다.
- ㄷ. ㉠에서 a의 DNA 상대량은 ㉡에서 d의 DNA 상대량과 같다.