
Part 1

2025 수능 대비

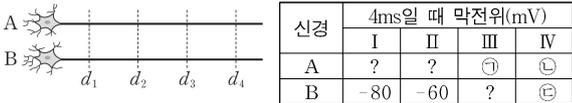
흥분의 전도와 전달 - 5제

1.

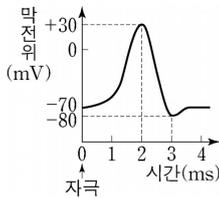
권희승T 제작

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠A와 B의 P에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 4ms일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. P는 d_1 과 d_2 중 하나이고, I~IV는 $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다. 각 지점 사이의 거리는 일정하고, ㉠+㉡=㉢이며, ㉠~㉣은 각각 서로 다르다.



- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 2cm/ms와 3cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 다음과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.)

<보기>

- ㄱ. P는 d_1 이다.
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 3cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠가 3ms일 때 B의 d_4 에서의 막전위는 ㉡이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2.

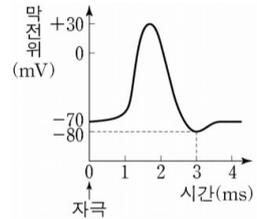
권희승T 제작

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 1ms, 2ms, 3ms, 4ms일 때 Y에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. X는 d_1 과 d_4 중 하나이고, I~IV는 1ms, 2ms, 3ms, 4ms를 순서 없이 나타낸 것이며, Y는 d_2 와 d_3 중 하나이다.



- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 2cm/ms와 3cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 다음과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.)

<보기>

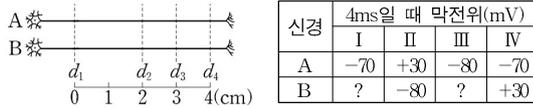
- ㄱ. B의 흥분 전도 속도는 3cm/ms이다.
- ㄴ. ㉠ < ㉡이다.
- ㄷ. ㉠이 4ms일 때 A의 d_3 에서의 막전위는 -80mV 이다.

3.

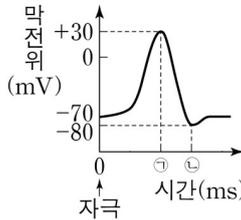
권희승T 제작

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 또는 ㉠ A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4ms일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. X는 $d_1 \sim d_4$ 중 하나이고, I ~ IV는 $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1cm/ms와 2cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 다음과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.)

<보기>

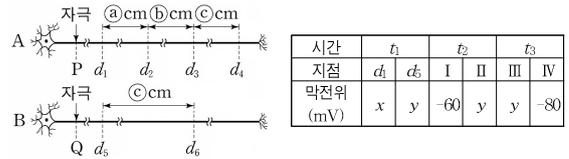
- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms 이다.
- ㄴ. ㉠ + ㉡ = 5이다.
- ㄷ. ㉠이 3ms일 때 B의 d_1 에서 재분극이 일어나고 있다.

4.

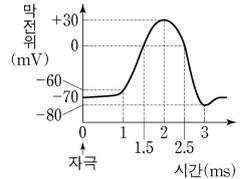
권희승T 제작

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 P, Q와 $d_1 \sim d_6$ 의 위치를, 또는 P와 Q에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t_1 일 때 d_1 과 d_5 , t_2 일 때 I과 II, t_3 일 때 III과 IV의 막전위를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 1, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이고, $t_1 \sim t_3$ 은 3ms, 4ms, 6ms를 순서 없이 나타낸 것이며, I ~ IV는 d_2, d_3, d_4, d_6 을 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 1개의 뉴런으로 구성되어 있다.



- x와 y는 +30과 0을 순서 없이 나타낸 것이다.
- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1cm/ms 와 2cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.)

<보기>

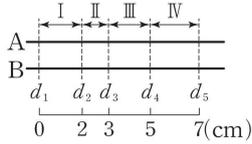
- ㄱ. II는 d_3 이다.
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms 이다.
- ㄷ. Q에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 6.5ms일 때 d_5 에서 탈분극이 일어나고 있다.

5.

권희승T 제작

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

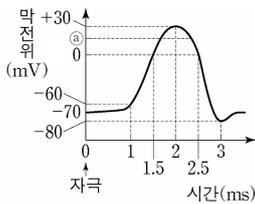
- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠ 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3ms일 때 구간 I ~ IV에서 막전위가 ㉠인 지점의 유무를 나타낸 것이다. X는 $d_1 \sim d_5$ 중 하나이다.



신경	3ms일 때 막전위가 ㉠인 지점			
	I	II	III	IV
A	○	○	○	×
B	?	?	○	○

(○: 있음, ×: 없음)

- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1cm/ms와 2cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 다음과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.)

<보기>

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms이다.
- ㄴ. X는 d_3 이다.
- ㄷ. ㉠이 4ms일 때 B에서 막전위가 -40mV 인 지점은 구간 I과 III에 모두 있다.

Part 2

2025 수능 대비

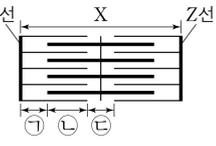
근육의 수축 - 4제

b.

권희승T 제작

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.
- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 표 (가)는 ㉠~㉢에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트의 유무를, (나)는 골격근 수축 과정의 두 시점 t_1 과 t_2 일 때 ㉢의 길이를 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값으로 나눈 값($\frac{㉢}{㉠+㉡}$)과 ㉢의 길이에서 ㉡의 길이를 뺀 값($㉢-㉡$)을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.



구간	액틴 필라멘트	마이오신 필라멘트
㉠	×	○
㉡	○	?
㉢	?	○

(○: 있음, ×: 없음)
(가)

시점	$\frac{㉢}{㉠+㉡}$	$㉢-㉡$
t_1	?	$0.4\mu\text{m}$
t_2	$\frac{3}{4}$	$0.2\mu\text{m}$

(나)

- t_2 일 때 X의 길이는 $2.4\mu\text{m}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. t_1 일 때 X의 길이는 $2.6\mu\text{m}$ 이다.
- ㄴ. ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.
- ㄷ. t_1 일 때 ㉡의 길이는 t_2 일 때 ㉢의 길이보다 $0.3\mu\text{m}$ 길다.

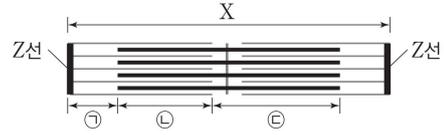
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

ㄱ.

권희승T 제작

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트가 있는 부분에서 ㉡을 제외한 부분이다.
- 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 t_1 일 때와 t_2 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값($㉠+㉡$), ㉠의 길이에서 ㉢의 길이를 뺀 값($㉠-㉢$), X의 길이를 나타낸 것이다. ㉠~㉢의 길이는 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.

시점	$㉠+㉡$	$㉠-㉢$	X의 길이
t_1	$4d$	0.2	$6d$
t_2	$4d$	0.4	$2.2\mu\text{m}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉠은 ㉡이다.
- ㄴ. t_1 일 때 H대의 길이는 d 이다.
- ㄷ. t_2 일 때 ㉢의 길이에서 ㉠의 길이를 뺀 값은 $0.4\mu\text{m}$ 이다.

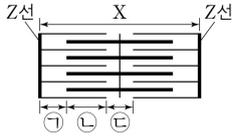
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

8.

권희승T 제작

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를, 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 t_1 과 t_2 일 때 X의 길이, ㉠의 길이, ㉡의 길이를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각 ㉦~㉨ 중 하나이다.



시점	X의 길이	㉠의 길이	㉡의 길이
t_1	$3.0\mu\text{m}$	$0.7\mu\text{m}$	$0.4\mu\text{m}$
t_2	$3.6\mu\text{m}$	d	d

- 구간 ㉦는 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉧은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉨은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉡는 ㉨이다.
- ㄴ. t_2 일 때 A대의 길이는 $1.4\mu\text{m}$ 이다.
- ㄷ. t_2 에서 t_1 로 될 때 ATP에 저장된 에너지가 사용된다.

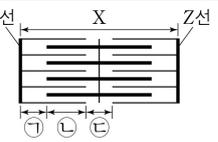
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

9.

권희승T 제작

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



- 구간 ㉦는 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉧은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉨은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.

- 표는 골격근 수축 과정의 시점 t_1 일 때와 t_2 일 때 ㉠과 ㉡의 길이를 더한 값을 ㉢의 길이로 나눈 값($\frac{㉠+㉡}{㉢}$)과 ㉢의 길이를 ㉠의 길이에서 ㉡의 길이를 뺀 값으로 나눈 값($\frac{㉢}{㉠-㉡}$)을 나타낸 것이다. ㉠~㉢는 ㉦~㉨을 순서 없이 나타낸 것이다.

시점	$\frac{㉠+㉡}{㉢}$	$\frac{㉢}{㉠-㉡}$
t_1	1	3
t_2	5	0.6

- t_1 일 때 A대의 길이는 $1.6\mu\text{m}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉠은 ㉨이다.
- ㄴ. t_1 일 때 H대의 길이는 $0.6\mu\text{m}$ 이다.
- ㄷ. t_2 일 때 ㉢의 길이에서 ㉡의 길이를 뺀 값은 $0.5\mu\text{m}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

Part 3
2025 수능 대비
세포분열 - 6제

10.

권희승T 제작

사람의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다. 표는 남자 P와 여자 Q의 세포 I ~ V가 갖는 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉥은 0, 1, 2, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
I	㉠	㉡	㉠	㉢	㉡	㉠
II	㉥	㉡	㉡	㉥	㉡	㉥
III	㉡	0	㉡	㉡	㉥	㉡
IV	㉢	㉣	㉠	㉠	㉡	㉥
V	㉥	㉡	㉢	㉡	㉣	㉥

㉢+㉢+㉣+㉢+㉥는? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

11.

권희승T 제작

다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 모두 같은 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 aaBbDd이다.
- 표는 P와 Q의 세포 I ~ V에서 대립유전자 A, a, B, b, D, d 중 3개의 DNA 상대량을 더한 값을 나타낸 것이다. I ~ V 중 2개는 P의 세포이고, 나머지 3개는 Q의 세포이다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	A+B+d	A+b+d	a+B+D
I	4	㉢	8
II	㉢	0	3
III	4	2	4
IV	3	2	㉣
V	0	2	4

㉢+㉢+㉣는? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b, D, d 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

12.

권희승T 제작

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 표 (가)는 어떤 사람의 세포 I~III에서 A와 b의 유무를, (나)는 세포 ㉠~㉢에서 대립유전자 ㉠~㉢의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 I~III을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 A, a, B, b를 순서 없이 나타낸 것이다.

대립유전자	세포		
	I	II	III
A	○	×	
b	×	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

세포	DNA 상대량			
	㉠	㉡	㉢	㉣
㉠	0	2	0	0
㉡	1	1	1	
㉢	2	2	0	0

(나)

㉠~㉢을 매칭하고, ㉠~㉢을 매칭하고, 각 세포의 핵상을 찾고, 이 사람의 유전자형을 구하고, 빈칸을 모두 구하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

13.

권희승T 제작

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 표 (가)는 어떤 사람의 세포 I~III에서 유전자 ㉠~㉢의 유무를, (나)는 세포 ㉠~㉢가 갖는 A와 b의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 a, B, b를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 I~III을 순서 없이 나타낸 것이다. II에서 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값은 2이다.

유전자	세포		
	I	II	III
㉠	×	×	○
㉡	×		×
㉢	○		○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

세포	DNA 상대량	
	A	b
㉠	2	0
㉡	1	1
㉢	0	1

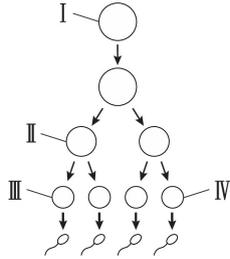
(나)

㉠~㉢을 매칭하고, ㉠~㉢을 매칭하고, 각 세포의 핵상을 찾고, 이 사람의 유전자형을 구하고, 빈칸을 모두 구하시오. (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, B, b 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

14.

권희승T 제작

사람의 유전 형질 ㉔는 2쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정된다. 그림은 어떤 사람의 G₁기 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 이 사람의 세포 (가)~(라)에서 A와 B의 DNA 상대량을 더한 값(A+B)과 a와 B의 DNA 상대량을 더한 값(a+B)을 나타낸 것이다. (가)~(라)는 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉑~㉔은 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이다.



세포	DNA 상대량을 더한 값	
	A+B	a+B
(가)	㉑	㉒
(나)	㉓	㉔
(다)	㉕	㉖
(라)	㉗	㉘

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

<보기>

ㄱ. ㉒은 3이다.
 ㄴ. (다)는 III이다.
 ㄷ. IV에서 세포 1개당 A의 DNA 상대량과 b의 DNA 상대량을 더한 값은 1이다.

15.

권희승T 제작

사람의 유전 형질 (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다. (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있고, A는 a에 대해, B는 b에 대해 각각 완전 우성이다. 표는 어떤 가족 구성원의 세포 I~IV에서 핵상, 대립유전자 ㉑~㉔의 유무를 나타낸 것이다. ㉑와 ㉒은 2n과 n을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉑~㉔은 A, a, b를 순서 없이 나타낸 것이다. 자녀 1과 자녀 2는 (가)와 (나) 중 한 가지 표현형만 서로 같다.

세포	핵상	대립유전자		
		㉑	㉒	㉔
아버지의 세포 I	㉑	×	×	?
어머니의 세포 II	㉑	○	×	×
자녀 1의 세포 III	㉑	○	○	×
자녀 2의 세포 IV	㉑	○	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

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

<보기>

ㄱ. ㉑은 A이다.
 ㄴ. ㉑은 n이다.
 ㄷ. 자녀 2의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 유전자형 중 AaBb이다.

Part 4

2025 수능 대비

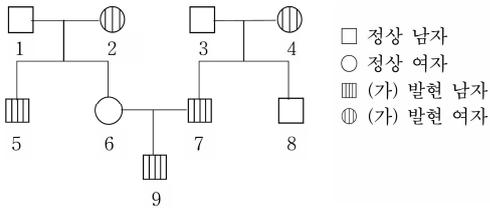
가계도 분석 - 1제

1b.

권희승T 제작

다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 R과 r에 의해 결정되며, R는 r에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 상염색체에 있는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 E, F, G가 있다.
- (나)의 표현형은 4가지이며, (나)의 유전자형이 EG인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 FG인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.
- 가계도는 구성원 1~9에게서 (가)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- 1, 2, 5, 6 각각의 체세포 1개당 G의 DNA 상대량을 더한 값 $\frac{3}{2}$
- 2, 4, 7, 9 각각의 체세포 1개당 r의 DNA 상대량을 더한 값 $\frac{3}{2}$
- 2, 3, 4, 7의 (나)의 표현형은 모두 다르고, 6, 7, 8, 9의 (나)의 표현형도 모두 다르다.
- 7의 (나)의 유전자형은 이형 접합성이다.
- 6에서 ①생식세포가, 7에서 ②생식세포가 각각 형성될 때, ①이 r과 E를 모두 가질 확률은 ②이 R과 G를 모두 가질 확률과 같으며, 이 확률은 0보다 크다.

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

<보기>

- ㄱ. (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있다.
- ㄴ. 5의 (나)의 유전자형은 동형 접합성이다.
- ㄷ. 9의 동생이 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 3과 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

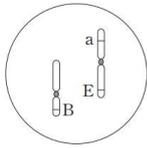
Part 5
2025 수능 대비
유전 현상 - 3제

17.

권희승T 제작

다음은 사람의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해 결정된다.
- (가)와 (나) 중 1가지 형질은 각 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자가 소문자로 표시되는 대립유전자에 대해 완전 우성이다. 나머지 한 형질을 결정하는 대립유전자 사이의 우열 관계는 분명하지 않고, 3가지 유전자형에 따른 표현형이 모두 다르다.
- (다)는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 E, F, G가 있다.
- (다)의 표현형은 4가지이며, (다)의 유전자형이 EF인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 FG인 사람과 GG인 사람의 표현형은 같다.
- 여자 P와 남자 Q의 (가)~(다)에 대한 유전자형에서 이형 접합을 이루는 대립유전자 쌍의 수를 모두 더한 값은 4이고, 체세포 1개당 a, b, E의 DNA 상대량 각각은 P에서 Q에서보다 크다. P의 생식세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다.
- P와 Q 사이에서 ㉔가 태어날 때, ㉔에서 (가)~(다) 중 적어도 2가지 형질에 대한 표현형이 Q와 같을 확률은 $\frac{5}{8}$ 이다.



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

<보기>

- ㄱ. P는 Q와 (가)의 표현형이 같다.
- ㄴ. Q에서 a, F, B를 모두 갖는 정자가 형성될 수 있다.
- ㄷ. ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 6가지이다.

18.

권희승T 제작

다음은 사람의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 서로 다른 2개의 상염색체에 있는 4쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d, E와 e에 의해 결정되며, A, a, B, b, D, d는 9번 염색체에 있다.
- (가)의 표현형은 ㉠유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- P와 Q 사이에서 ㉡가 태어날 때, ㉡의 (가)의 ㉢이 7일 확률은 $\frac{1}{8}$ 이고, (가)의 ㉢이 6일 확률은 $\frac{1}{16}$ 이다.

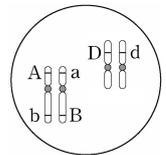
㉡에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가지수와 ㉡의 (가)의 ㉢이 3일 확률을 곱한 값은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

19.

권희승T 제작

다음은 사람의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)를 결정하는 2개의 유전자는 각각 대립유전자 B와 b, D와 d를 갖는다.
- (나)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- 여자 P는 남자 Q와 (가)의 표현형이 서로 다르고, P의 체세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다.
- P와 Q 사이에서 ㉡가 태어날 때, ㉡에게서 나타날 수 있는 유전자형의 최대 가지수 = $\frac{3}{2}$ 이다.

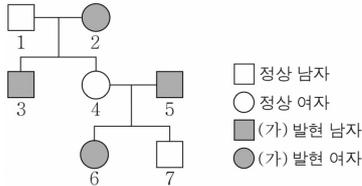


㉡의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 Q와 같을 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

Part 6
2025 수능 대비
돌연변이 - 4제

다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 모두 7번 염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 상염색체에 있는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 E, F, G가 있다. E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다. (나)의 표현형은 3가지이다.
- 가계도는 구성원 1~7에게서 (가)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- 2의 (가)의 유전자형은 동형 접합성이다.
- 1, 2, 4, 5, 6, 7의 (나)의 유전자형은 모두 다르다.
- 4~6의 (나)의 표현형은 모두 다르다.
- 7은 염색체 수가 비정상적인 남자 ㉠와 염색체 수가 비정상적인 정자 ㉡가 수정되어 태어났으며, ㉠과 ㉡의 형성 과정에서 각각 7번 염색체의 비분리가 1회 일어났다. 1~7의 핵형은 모두 정상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

<보기>

- ㄱ. 2와 6의 (나)의 표현형은 같다.
- ㄴ. 3의 (나)의 유전자형은 동형 접합성이다.
- ㄷ. 2~7 중 1과 (나)의 표현형이 같은 사람은 3명이다.

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)의 유전자는 모두 같은 염색체에 있다.
- (가)는 대립유전자 A와 a에 의해, (나)는 대립유전자 B와 b에 의해, (다)는 대립유전자 D와 d에 의해 결정된다.
- 표는 이 가족 구성원에서 체세포 1개당 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값(A+b)과 a와 d의 DNA 상대량을 더한 값(a+d)을 나타낸 것이다.

구성원	DNA 상대량을 더한 값	
	A+b	a+d
아버지	2	1
어머니	?	2
자녀 1	3	3
자녀 2	3	1
자녀 3	0	2

- 부모 중 한 명의 생식세포 형성 과정에서 대립유전자 ㉠이 대립유전자 ㉡으로 바뀌는 돌연변이가 1회 일어나 ㉠을 갖는 생식세포가 형성되었다. 이 생식세포가 정상 생식세포와 수정되어 ㉢가 태어났다. ㉠과 ㉡은 (가)~(다) 중 한 가지 형질을 결정하는 서로 다른 대립유전자이고, ㉢는 자녀 2와 3 중 하나이다.

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.)

<보기>

- ㄱ. ㉠은 b이다.
- ㄴ. (나)의 유전자는 상염색체에 있다.
- ㄷ. 어머니의 (가)~(다)의 유전자형은 모두 이형 접합성이다.

다음은 어떤 가족의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 5번 염색체에 있는 대립유전자 A와 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- (나)는 서로 다른 상염색체에 있는 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. (나)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다. H와 h는 5번 염색체에 있다.
- 표는 이 가족 구성원에서 체세포 1개당 a와 T의 DNA 상대량을 더한 값(a+T)과 (나)의 표현형을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 0, 1, 2, 3, 4를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣는 서로 다른 3가지 표현형이다.

구성원	a+T	(나)
아버지	㉠	㉠
어머니	㉡	㉡
자녀 1	㉢	㉢
자녀 2	㉣	㉡
자녀 3	㉣	㉠

- 이 가족 구성원 중 2명에게서만 (가)가 발현되었다.
- 어머니의 생식세포 형성 과정에서 염색체 결실이 1회 일어나 염색체의 일부가 결실된 남자 P가 형성되었다. P와 정상 정자가 수정되어 자녀 3이 태어났다.
- 자녀 3을 제외한 이 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.

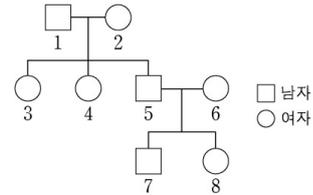
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, A, a, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

<보기>

- ㄱ. ㉢은 1이다.
- ㄴ. (가)는 우성 형질이다.
- ㄷ. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 8가지이다.

다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)에 대한 자료이다.

- (가)는 상염색체에 있는 1쌍의 대립유전자에 의해 결정되며, 대립유전자에는 D, E, F, G가 있다.
- D는 E, F, G에 대해, E는 F, G에 대해, F는 G에 대해 각각 완전 우성이다.
- 그림은 구성원 1~8의 가계도를 나타낸 것이다. 가계도에 (가)의 표현형은 나타내지 않았다.



- 1~5와 7, 8의 유전자형은 순서 없이 DE, DF, DG, EF, EG, FF, GG이다.
- 2, 4, 5의 표현형은 같고, 6와 7의 표현형은 서로 다르다.
- 5와 6 중 한 명의 생식세포 형성 과정에서 ㉠대립유전자 ㉡이 대립유전자 ㉢으로 바뀌는 돌연변이가 1회 일어나 ㉣을 갖는 생식세포가 형성되었다. 이 생식세포가 정상 생식세포와 수정되어 8이 태어났다. ㉠과 ㉡은 각각 D, E, F, G 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

<보기>

- ㄱ. 2의 유전자형은 DF이다.
- ㄴ. ㉠은 5에서 형성되었다.
- ㄷ. 8의 동생이 태어날 때, 이 아이의 표현형이 1과 같을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

정답 및 해설

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ㄱ, ㄴ	ㄴ, ㄷ	ㄴ	ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄴ	ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄴ	ㄱ, ㄷ	ㄱ	4
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	ㄴ, ㄷ	ㄴ	ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄷ	ㄱ, ㄴ, ㄷ	ㄱ	$\frac{9}{8}$	$\frac{3}{16}$	ㄱ
21	22	23							
ㄱ, ㄷ	ㄱ, ㄷ	ㄱ, ㄴ							

1번 해설

자극 지점은 표에 있다. 자극 지점에서의 막전위는 (0+4), 즉 A와 B에서는 -70이어야 하므로 이로 가능한 지점은 III(P)이며, ㉠은 -70이다.

㉠의 막전위는 -80 이상 +30 이하이므로 ㉠+㉡ 역시 -80 이상 +30 이하여야 한다. 따라서 ㉡은 -10 이상 +100 이하이다. ㉡은 +30보다 클 수 없으므로 ㉡은 -10 이상 +30 이하이다. 이에 따라 B에서 P를 제외한 나머지 세 지점에서의 막전위는 모두 다르므로 P로부터 대칭인 지점은 존재하지 않아야 한다. 따라서 P는 d_2 일 수 없기 때문에 d_1 이다.

B에서 수평 비교를 통해 I이 P로부터 가장 가까운 지점이며, 이에 따라 I은 d_2 이다. 이때 각 지점 사이의 거리는 일정하므로 B에서 P로부터 d_2 까지 도달하는 데 앞시간인 1ms가 걸렸으므로 d_3 에서의 앞시간은 2ms, d_4 에서의 앞시간은 3ms이다. d_3 은 (2+2)이므로 막전위가 +30이고, 이에 따라 IV가 d_3 , ㉡이 +30, ㉠이 -40이다. 남은 II는 d_4 이다.

A와 B의 흥분 전도 속도 후보군을 결정하기 위해선, 계산을 통해 IV(d_3)에서의 막전위의 모순을 찾아낸다.

i) A의 흥분 전도 속도가 2cm/ms, B가 3cm/ms인 경우
B의 d_4 (II)가 (3+1)이고, d_3 (IV)가 (2+2)이다. P와 d_3 사이의 거리는 6cm이므로, A의 d_3 에서의 막전위는 (3+1)일 때로, ㉠은 -60이 되어 모순이 발생한다.

ii) A의 흥분 전도 속도가 3cm/ms, B가 2cm/ms인 경우
B의 d_3 (IV)가 (2+2)이다. P와 d_3 사이의 거리는 4cm이므로, A의 d_3 에서의 막전위는 ($\frac{4}{3} + \frac{8}{3}$)일 때로, -40(㉠)으로 가능하다.

[선지 판단]

- ㄱ. P는 d_1 이다. (○)
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 3cm/ms이다. (○)
- ㄷ. 전체 시간이 달라져도 앞시간은 변하지 않는다. B의 d_4 (II)에서의 앞시간은 3ms이므로, ㉢가 3ms일 때 B의 d_4 에서의 막전위는 (3+0)으로, -70이다. ㉠은 -40이므로 틀린 선지이다. (×)

2번 해설

자극 지점은 표에 없고, 측정 지점은 Y로 한 지점이다. 해당 유형 역시 수직 비교부터 시도해보고, 특이점(-80, +30)을 기준으로 해석을 시도한다.

A와 B의 IV를 수직 비교했을 때, 당장 흥분 전도 속도가 누가 더 빠른지는 알 수 없다. 따라서 특이한 막전위값(-80, +30)을 기준으로 해석해보자. B의 II는 (-+3)이고, 앞시간은 0ms보다는 길어야 하므로 II는 4ms이며, B의 Y의 앞시간은 1ms이다. 이에 따라 전체 시간이 1ms, 2ms, 3ms일 때 B의 Y에서의 시간은 각각 (1+0), (1+1), (1+2)로 표현할 수 있으므로 B의 IV에서의 막전위 +10은 (1+2)일 때만 가능하다. 따라서 IV는 3ms이다.

남은 I과 III은 각각 1ms와 2ms 중 하나이다. A의 I에서 뒷시간은 2ms보다 무조건 짧아야 하므로, A의 I은 재분극이 아닌 탈분극의 막전위이다. 이때 A의 I과 III 중 I에서가 뒷시간이 III에서보다 더 짧으므로(앞시간은 같음), 전체 시간은 I이 III보다 짧아야 한다. 따라서 I이 1ms, III이 2ms이다.

A의 III(2ms)와 IV(3ms) 중 전체 시간은 IV일 때가 더 길기 때문에, 뒷시간도 IV일 때가 더 길어야 한다(앞시간은 같으므로). 따라서 A의 Y에서 IV일 때 막전위 -40은 재분극일 때의 막전위이다. 이에 따라 A와 B의 Y에서 IV일 때 수직 비교를 통해 흥분 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠른 것을 알 수 있다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는 3cm/ms, B는 2cm/ms이다.

B의 흥분 전도 속도는 2cm/ms, Y에서 앞시간은 1ms이므로, X와 Y 사이의 거리는 2cm이다. 따라서 X는 d_1 , Y는 d_2 이다.

[선지 판단]

- ㄱ. B의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다. (×)
- ㄴ. ㉠은 (1+0)일 때의 막전위이므로 -70이고, ㉡는 (1+1)일 때의 막전위이므로 -70보다 크다. (○)
- ㄷ. 전체 시간이 달라져도 앞시간은 변하지 않는다. ㉠이 4ms일 때 A의 d_3 에서의 막전위는 (1+3)일 때로, -80mV이다. (○)

3번 해설

A와 B의 자극 지점에서의 막전위는 서로 같아야 하므로 X는 I 과 III 중 하나이다. X가 III일 경우 B에서 자극 지점은 II도 되므로 모순이다. 따라서 자극 지점 X는 I이며, 막전위 변화 시간이 4ms일 때 막전위는 -70mV이다.

II를 통해 막전위 변화 시간은 A에서가 B에서보다 짧으므로 흥분은 B에서가 A에서보다 먼저 도달했다. 따라서 B의 흥분 전도 속도가 2cm/ms, A의 흥분 전도 속도가 1cm/ms이다.

A의 II와 B의 III은 동시에 도달한 지점이고, A의 III과 B의 II는 동시에 도달한 지점이다. A와 B의 속도 비는 1:2인데, 자극 지점으로부터 거리 비가 1:2인 지점은 동시에 도달한 지점이다. 따라서 A의 II와 B의 IV, A의 III과 B의 II는 각각 자극 지점으로부터의 거리 비가 1:2인 지점이다. 이때 A의 III이 II보다 먼저 도달했다는 점까지 종합하면, X와 I은 d_4 , III이 d_3 , II가 d_2 , IV가 d_1 임을 알 수 있다. A의 III에서의 흥분 이동 시간은 1ms, 막전위 변화 시간은 3ms이므로 ㉠은 3이다. A의 II에서의 흥분 이동 시간은 2ms, 막전위 변화 시간은 2ms이므로 ㉡은 2이다.

[선지 판단]

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms이다. (×)
- ㄴ. ㉠은 2, ㉡은 3이므로 ㉠+㉡=5이다. (O)
- ㄷ. ㉢가 3ms일 때 B의 d_1 에서의 흥분 이동 시간은 2ms, 막전위 변화 시간은 1ms이므로 탈분극이 일어나고 있다. (×)

[Comment]

문제에서 새로운 조건은 막전위 그래프를 미지수로 설정했다는 점입니다. 6평, 9평, 수능에서도 기출되지 않은 형식이 나올 수 있는데, 새로운 형식이 나온다 하더라도 그러한 문항은 우리가 기출을 통해 학습한 논리가 기본적으로 적용됩니다. 그 외적인 부분은 문제 상황마다 조금씩 다르겠지만, 항상 큰 틀은 우리가 공부한 실전 개념 안에서 출제될 수밖에 없다는 점을 알아두셨으면 좋겠습니다. 흥분 전도 문제는 어떤 형식으로 출제되더라도 거리, 속도, 시간 중 2가지를 숨기고 나머지 하나를 찾는 구조로 출제될 수밖에 없습니다.

4번 해설

P와 d_1 사이의 거리, Q와 d_5 사이의 거리는 ㉠cm로 같다. 경과된 시간이 t_1 일 때 두 지점의 막전위는 각각 +30과 0 중 하나인데, +30은 뒷시간이 2ms, 0은 뒷시간이 1.5ms 또는 2.5ms이다. 0이 뒷시간이 둘 중 무엇이 되었건, +30과 0의 뒷시간 차이는 0.5ms이고, 이는 앞시간도 0.5ms 차이냐야 한다는 뜻이다. A와 B 중 하나의 흥분 전도 속도는 1cm/ms, 나머지 하나는 2cm/ms인데, 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경의 자극 지점으로부터 ㉠cm만큼 떨어진 지점의 앞시간은 ㉢ms이고, 2cm/ms인 신경의 자극

지점으로부터 ㉠cm만큼 떨어진 지점의 앞시간은 $\frac{㉠}{2}$ ms이다. 즉,

앞시간 ㉠ms와 $\frac{㉠}{2}$ ms의 차이인 $\frac{㉠}{2}$ ms는 0.5ms이고, 이에 따라 ㉠은 1이다. 이때 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경에서 ㉠(1)cm만큼 떨어진 지점에서의 막전위가 0mV일 경우, 경과된 시간은 2.5ms 또는 3.5ms가 되어 모순이다. 따라서 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경에서 ㉠(1)cm만큼 떨어진 지점에서의 막전위는 +30mV이고, 이때 경과된 시간은 1+2 = 3ms이다. 따라서 t_1 은 3ms이다.

P와 ㉡와 ㉢가 각각 2와 4 중 하나인데, 무엇이 되었건 P와 d_4 사이의 거리는 8cm임을 알게 되었다. 이때 A의 흥분 전도 속도가 1cm/ms이면, d_4 에서의 앞시간은 8ms, A의 흥분 전도 속도가 2cm/ms이면, d_4 에서의 앞시간은 4ms이다. 앞시간이 8ms일 경우, 경과된 시간이 3ms, 4ms, 6ms 중 무엇이 되었건 d_4 에서의 막전위는 -70mV인데, 표에 -70mV는 없으므로 모순이다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이고, B의 흥분 전도 속도는 1cm/ms이며, d_4 에서 경과된 시간이 4ms일 경우, d_4 에서의 시간 분포는 (4+0)이 되어 -70mV가 표에 있어야 해서 모순이 발생한다. 따라서 d_4 에서 경과된 시간은 6ms이고, d_4 에서의 시간 분포는 (4, 2)가 되어 표에 +30mV가 있어야 한다. 따라서 y가 +30, x가 0이다.

A의 d_2 에서의 시간 분포는 (1, 3) 또는 (1, 5)인데, 뒷시간이 5ms일 경우 표에 -70mV가 존재해야 하므로 모순이다. 따라서 A의 d_2 에서의 시간 분포는 (1, 3)이고, 막전위는 -80mV이다. 따라서 t_3 이 4ms, t_2 가 6ms, IV가 d_2 이다. 앞서 d_4 에서의 시간 분포는 (4, 2)인 것을 구해냈으므로, II는 d_4 이다.

t_3 일 때 III에서의 시간 분포는 (2, 2)인데, III이 d_6 일 경우, ㉣는 1이 되어 모순이다. 따라서 III는 d_3 , I은 d_6 이고, ㉤는 2, ㉥는 4이며, d_6 의 시간 분포는 (5, 1)이다.

[선지 판단]

- ㄱ. II는 d_4 이다. (×)
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다. (O)
- ㄷ. Q에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 6.5ms일 때 d_6 에서의 시간 분포는 (5, 1.5)로, 탈분극이 일어나고 있다. (O)

5번 해설

탈분극의 ㉠는 막전위 변화 시간이 1.5~2ms 사이이므로, 경과된 시간이 3ms일 때 흥분 이동 시간은 1~1.5ms 사이이다.

재분극의 ㉡는 막전위 변화 시간이 2~2.5ms 사이이므로, 경과된 시간이 3ms일 때 흥분 이동 시간은 0.5~1ms이다. 탈분극의 ㉠와 종합한다면, 흥분 이동 시간이 0.5~1.5ms 사이라면 막전위 값 ㉢가 나타날 수 있다.

A에서 I~III에서 ㉢가 있으므로, I~III에 존재하는 지점 중 세 지점에서 ㉢가 나타날 수 있다. 그 중 두 지점은 막전위 변화 시간이 같은 ㉠이고, 나머지 하나는 막전위 변화 시간이 다른 ㉡이다. 따라서 X로부터 대칭인 지점이 존재해야 하므로 X는 d_1 이나 d_3 일 수 없다. X가 d_1 라면, A와 B 중 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경에서 IV에서 ㉢가 나타날 수 있으므로, 모순이다.

X가 d_3 라면, A와 B 중 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경은 IV에서 흥분 이동 시간은 3ms~5ms이므로, ㉢가 존재하지 않는다. A와 B 중 흥분 전도 속도가 2cm/ms인 신경은 IV에서 흥분 이동 시간은 1.5ms~2.5ms이므로, ㉢가 존재하지 않는다. 따라서 X는 d_3 이다.

A와 B 중 흥분 전도 속도가 1cm/ms인 신경은 IV에서 흥분 이동 시간은 2ms~4ms이므로, ㉢가 존재하지 않는다. A와 B 중 흥분 전도 속도가 2cm/ms인 신경은 IV에서 흥분 이동 시간은 1ms~2ms이므로, ㉢가 존재한다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms, B는 2cm/ms이다.

[선지 판단]

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms이다. (○)
- ㄴ. X는 d_3 이다. (○)
- ㄷ. 탈분극의 -40mV는 막전위 변화 시간이 1~1.5ms 사이이므로, 경과된 시간이 4ms일 때 흥분 이동 시간은 2.5~3ms 사이이다. 재분극의 -40mV는 막전위 변화 시간이 2.5~3ms 사이이므로, 경과된 시간이 4ms일 때 흥분 이동 시간은 1~1.5ms 사이이다. ㉠이 4ms일 때 B의 I에서 흥분 이동 시간은 0.5~1.5ms 사이이고, B의 III에서 흥분 이동 시간은 0~1ms 사이이므로, I에는 -40mV인 지점이 있고, III에는 탈분극의 -40mV인 지점이 없다. (×)

6번 해설

표 (가)를 통해 ㉠는 ㉡, ㉢는 ㉣, ㉤는 ㉥임을 구할 수 있다. ㉢-㉤는 ㉣-㉥으로, 변화량이 -2Δ 이다. 따라서 t_1 에서 t_2 로 갈 때 X의 변화량은 2Δ 이므로 t_1 일 때 X의 길이는 2.2이다.

분수 조건을 통해 t_2 일 때 ㉣(㉢)의 길이를 $3k$ 라고 한다면, ㉤(㉥)의 길이는 $3k-0.2$ 이다. 분수 조건을 통해 ㉡(㉠)의 길이는 $k+0.2$ 이다. 이때 X의 길이 = $13k - 0.2 = 2.4$ 이므로 k 는 0.2이다.

시점별 각 구간의 길이를 표로 나타내면 다음과 같다.

시점	㉠	㉣	㉥
t_1	0.3	0.7	0.2
t_2	0.4	0.6	0.4

[선지 판단]

- ㄱ. t_1 일 때 X의 길이는 $2\text{㉠}+2\text{㉣}+\text{㉥}$ 이므로, 2.2이다. (×)
- ㄴ. ㉠+㉢는 ㉡+㉣이므로, t_1 일 때와 t_2 일 때 값이 같다. (○)
- ㄷ. t_1 일 때 ㉣의 길이는 0.7, t_2 일 때 ㉥의 길이는 0.4이다. (○)

7번 해설

㉠의 변화량은 Δ , ㉣은 $-\Delta$, ㉥은 Δ 이다. ㉠+㉤의 값은 불변이므로 ㉠과 ㉤ 중 하나는 ㉣이어야 한다.

㉤가 ㉣일 경우, ㉠-㉢는 ㉡-㉥ 또는 ㉥-㉡인데, 어느 경우건 변화량이 0이 되어 불변이어야 하나, 값이 변하므로 모순이다. 따라서 ㉠는 ㉣이다.

㉠-㉢는 양수인데, ㉢가 ㉥일 경우 해당 값은 음수가 되어 모순이 발생한다. (㉥이 ㉣보다 무조건 길기 때문에.) 따라서 ㉢가 ㉡, ㉤가 ㉥이다.

㉠-㉢는 ㉣-㉡으로, 변화량이 -2Δ 이며, 이는 $+0.2$ 이다. 즉, $2\Delta = -0.2$ 이므로 t_1 일 때 X의 길이 = $6d = 2.4$ 이다. 따라서 d 는 0.4이다.

시점별 각 구간의 길이를 표로 나타내면 다음과 같다.

시점	㉠	㉣	㉥
t_1	0.4	0.6	1.0
t_2	0.3	0.7	0.9

[선지 판단]

- ㄱ. ㉠는 ㉣이다. (○)
- ㄴ. t_1 일 때 H대의 길이는 $0.4(d)$ 이다. (○)
- ㄷ. t_2 일 때 ㉥의 길이는 0.9, ㉢의 길이는 0.7이다. (×)

8번 해설

t_1 에서 t_2 로 갈 때 X의 변화량인 2Δ 는 +0.6이다. ㉠과 ㉡가 가능한 변화량은 Δ (㉠), $-\Delta$ (㉡), 2Δ (㉢) 중 하나이다. 이에 따라 순서대로 ㉠에서 d 로 가능한 값은 1.0, 0.4, 1.3이다. ㉡에서도 역시 후보군을 써두면 가능한 값은 0.7, 0.1, 1.0이다. 따라서 d 는 1.0이다. 이에 따라 ㉠은 ㉠, ㉡는 ㉢이다.

시점별 각 구간의 길이를 표로 나타내면 다음과 같다.

시점	㉠	㉡	㉢
t_1	0.7	0.6	0.4
t_2	1.0	0.3	1.0

[선지 판단]

- ㄱ. ㉡는 ㉢이다. (O)
- ㄴ. t_2 일 때 A대의 길이는 1.6이다. (X)
- ㄷ. t_2 에서 t_1 로 될 때 근육은 수축하므로, ATP에 저장된 에너지가 사용된다. (O)

9번 해설

주어진 두 분수값을 곱해볼 경우, 분수값은 $\frac{a+c}{a-c}$ 이며, 이 값은 t_1 일 때와 t_2 일 때 모두 3이다. 분수값이 시점이 변할 때 바뀌지 않는다면, 그 분수값은 곧 변화량을 약분한 값과 같다. 즉, ㉠은 ㉢, ㉡는 ㉠으로, $3 = \frac{3\Delta}{\Delta}$ 를 의미한다. ㉡는 ㉡이다.

t_1 일 때 $\frac{a+c}{a-c}$ 의 값을 $\frac{3k}{k}$ 로 둘 경우, 분모와 분자를 합하면 $2\text{㉠}(㉢) = 4k$ 이다. 즉, ㉢의 길이는 $2k$ 로, ㉠의 길이는 k 이다. 이때 t_1 일 때 $\frac{b}{a-c}$ 가 3인 것을 통해 ㉡의 길이는 $3k$ 이다. A대의 길이는 1.6이므로 k 는 0.2이며, ㉠~㉢의 길이는 순서대로 0.2, 0.6, 0.4이다.

t_2 일 때 $\frac{b}{a-c}$ 가 $\frac{3}{5}$ 이므로 $\frac{a+c}{a-c}$ 의 값을 $\frac{15p}{5p}$ 로 두면 좋다. 분모와 분자를 합하면 $2\text{㉠}(㉢) = 20p$ 이다. 즉, ㉢의 길이는 $10p$ 로, ㉠의 길이는 $5p$ 이다. 이때 t_2 일 때 $\frac{b}{a-c}$ 가 $\frac{3}{5}$ 이므로 ㉡의 길이는 $3p$ 이다. A대의 길이는 1.6이므로 p 는 0.1이며, ㉠~㉢의 길이는 순서대로 0.5, 0.3, 1.0이다.

시점	㉠	㉡	㉢	X
t_1	0.2	0.6	0.4	2.0
t_2	0.5	0.3	1.0	2.6

[선지 판단]

- ㄱ. ㉠은 ㉢이다. (O)
- ㄴ. t_1 일 때 H대의 길이는 0.4이다. (X)
- ㄷ. t_2 일 때 ㉢ - ㉡ = 0.7이다. (X)

10번 해설

IV에서는 3종류의 DNA 상대량(㉠, ㉡, ㉢)이 관찰되므로, $2n/2$ 또는 $2n/4$ 세포이다. 같은 논리로 V에서도 3종류의 DNA 상대량(㉣, ㉤, ㉥)이 관찰되므로, $2n/2$ 또는 $2n/4$ 세포이다. 그러나 IV와 V가 보유한 DNA 상대량 종류가 서로 다르므로, 둘 중 하나는 $2n/2$ 세포, 나머지 하나는 $2n/4$ 세포이다.

$2n/2$ 세포에서 가능한 DNA 상대량은 2, 1, 0이고, $2n/4$ 에서 가능한 DNA 상대량은 4, 2, 0이다. IV와 V에서 겹치는 DNA 상대량인 ㉣과 ㉥은 각각 2와 0 중 하나이다. 따라서 ㉠과 ㉢은 각각 4와 1 중 하나이다. 이때 IV에서 ㉠이 4일 경우, $B+b = 8$ 이 되어 모순이 발생한다. 따라서 ㉠은 1, ㉢은 4이다. 이에 따라 IV가 $2n/2$ 세포, V가 $2n/4$ 세포이다.

I에서 (A, a)의 DNA 상대량은 (㉦(1), ㉧)이므로 ㉧은 2일 수 없다. 따라서 ㉧은 0이고, ㉥은 2이다.

V는 $2n/4$ 세포인데 $A+a = 2$ 이므로, V는 남자 P의 세포이며, (가)의 유전자는 성염색체에 있다. 또한 남자 P의 세포 V에서 (다)의 유전자형이 동형 접합성임을 알 수 있으므로, (다)의 유전자는 상염색체에 있다.

남자 P는 d를 갖지 않으므로, d를 갖는 I, II, IV는 모두 여자 Q의 세포이다. 여자 Q가 A를 갖고 있으므로, (가)의 유전자는 X 염색체에 있다.

III에서 $A+a = 0$ 이므로, III에는 X 염색체가 없고, Y 염색체가 있다. 따라서 III은 P의 세포이고, $n/2$ 세포이며, $B+b = 0$ 이므로 (나)의 유전자도 성염색체에 있다. 이때 III에는 Y 염색체가 있으므로, (나)의 유전자가 Y 염색체에 있었다면 $B+b = 2$ 여야 한다. 이는 모순이므로 (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. (또는 여자 Q의 세포 I과 II에서 B와 b가 관찰되므로 (나)의 유전자가 X 염색체에 있다고 해도 된다.)

따라서 (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 연관되어 있다. 여자 Q의 세포 I에서 DNA 상대량 1이 관찰되므로 $n/1$ 또는 $2n/2$ 세포인데, $A+a = 1$ 이므로 I은 $n/1$ 세포이다. I의 세포에는 B가 있는데 II에는 B가 없으므로 II는 $n/2$ 세포이다. 따라서 I에는 A와 B가 연관된 X 염색체가, II에는 A와 b가 연관된 X 염색체가 있다. 따라서 Q의 연관 형태 및 유전자형은 AB/Ab dd로, IV에서 (A, a)의 DNA 상대량은 (2, 0)이다.

빈칸을 모두 구하면 다음과 같다.

세포	DNA 상대량					
	A	a	B	b	D	d
	X 염색체 유전	X 염색체 유전	X 염색체 유전	상염색체 유전		
I, $n/1$, Q	㉦(1)	㉧(0)	㉨(1)	0	㉩(0)	㉪(1)
II, $n/2$, Q	㉫(2)	㉬(0)	㉭(0)	㉮(2)	㉯(0)	㉺(2)
III, $n/2$, P	㉻(0)	0	㉼(0)	㉽(0)	㉾(2)	㉿(0)
IV, $2n/2$, Q	2	0	㉠(1)	㉡(1)	㉢(0)	㉣(2)
V, $2n/4$, P	㉤(2)	㉥(0)	2	㉦(0)	㉧(4)	0

따라서 $a+b+c+d+e = 4$ 이다.

11번 해설

주어진 값들 중 더했을 때 전체 합($A+a+B+b+D+d$)이 만들어질 수 있는지 확인한다. 이때 $(A+b+d)$ 와 $(a+B+D)$ 를 더하면 전체 합이 만들어질 수 있는 것을 파악할 수 있다. 문제에 주어진 형질은 모두 상염색체에 있으므로, 각 시기별로 가능한 전체 합을 모두 정리해보면, $A+a+B+b+D+d$ 의 값은 $2n/2$ 세포에서 6, $2n/4$ 는 12, $n/2$ 는 6, $n/1$ 은 3이다.

세포 I에서 전체 합은 최소 8 이상이므로, I은 $2n/4$ 세포이다. 이때 $a+B+D$ 의 값은 P의 $2n/4$ 세포에서 8, Q의 $2n/4$ 세포에서는 8이다. $a+B+D$ 의 값만으로는 구분이 어려우니, $A+B+d$ 의 값도 생각해본다. P의 $2n/4$ 세포에서는 8이고, Q의 $2n/4$ 세포에서는 4이다. 이에 따라 I은 Q의 세포이며, 전체 합은 12이므로, $A+b+d$ 의 값은 $12 - 8 = 4$ 이다.

나머지 세포를 매칭하기 위해서, P의 $2n/2$ 세포와 $2n/4$ 세포에서 표의 값이 얼마가 가능한지, Q의 $2n/2$ 세포와 $2n/4$ 세포에서 표의 값이 얼마가 가능한지 구해둔 후 매칭을 시도하는 것이 효율적이다. 각 세포들에서 표의 값을 구해두면 다음과 같다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	$A+B+d$	$A+b+d$	$a+B+D$
P의 $2n/2$	4	2	4
P의 $2n/4$	8	4	8
Q의 $2n/2$	2	2	4
Q의 $2n/4$	4	4	8

위 세포들과 다른 값이 보이는 세포의 핵상은 모두 n 임을 알 수 있다. 따라서 세포 II, IV, V는 각각 $n/1$, $n/1$, $n/2$ 세포이다.

세포 II는 $n/1$ 세포인데 $a+B+D$ 의 값이 3이므로, a, B, D의 DNA 상대량이 모두 1로 같다. 따라서 해당 세포에는 a, B, D가 연관된 염색체가 있다.

세포 IV는 $n/1$ 세포인데 $A+B+d$ 의 값이 3이므로, A, B, d의 DNA 상대량이 모두 1로 같다. 따라서 해당 세포에는 A, B, d가 연관된 염색체가 있다. 이에 따라 IV는 P의 세포이며, P의 연관 형태는 ABd/aBD 이다.

세포 V는 $n/2$ 세포인데 A, B, d가 모두 없으므로, a, b, D의 DNA 상대량이 모두 2이다. 따라서 V에는 a, b, D가 연관된 염색체가 있으므로 P의 세포일 수 없고, Q의 세포이다. 이에 따라 Q의 연관 형태는 aBd/abD 이다.

II와 IV가 P의 세포이고, I ~ V 중 3개는 Q의 세포라는 조건에 의해 I, III, V는 Q의 세포이다.

III은 Q의 세포인데, $2n/2$ 나 $2n/4$ 의 세포와 표의 값이 다르므로 III은 $n/2$ 세포이다.

11번 해설 이어서

Ⅲ에서 $A+B+d$ 의 값은 4이고, $A+b+d$ 의 값은 2이므로, B의 DNA 상대량이 b의 DNA 상대량보다 2 큰 것을 알 수 있다. Ⅲ은 $n/2$ 세포이므로, Ⅲ에서 B의 DNA 상대량은 2이다. 따라서 Ⅲ은 Q의 연관 형태를 통해 a, B, d가 연관된 염색체가 있다는 것을 파악할 수 있다.

빈칸을 모두 구하면 다음과 같다.

세포	DNA 상대량을 더한 값		
	$A+B+d$	$A+b+d$	$a+B+D$
I, $2n/4$, Q	4	4	8
II, $n/1$, P	1	0	3
III, $n/2$, Q	4	2	4
IV, $n/1$, P	3	2	1
V, $n/2$, Q	0	2	4

㉠은 4, ㉡는 1, ㉢는 1이므로 구하는 값은 6이다.

12번 해설

Ⅲ에는 b가 있는데, I과 II에는 모두 b가 없으므로, I과 II의 핵상은 모두 n이다. 더이상 (가)에서 해석할 수 있는 정보는 없으므로, (나)로 넘어가도록 한다.

㉠에서 A, a, B, b 중 3가지의 유전자가 존재하므로, 핵상이 $2n$ 인 G_1 기 세포이다.

이 사람은 ㉠~㉢을 모두 갖는 사람인데, ㉡까지 가질 경우, 유전자형이 AaBb가 되어 모든 세포에 A와 a 중 하나, B와 b 중 하나는 있어야 한다. 이때 ㉠은 A, a, B, b 중 1쌍의 DNA 상대량은 (0, 0)이므로 모순이다. 따라서 이 사람은 ㉢을 갖지 않는 사람이다.

㉡에서 ㉠~㉢을 모두 더한 값이 3이므로, A+a와 B+b 중 하나는 값이 2이고, 나머지 하나는 값이 1이다. G_1 기 세포에서 대립유전자의 DNA 상대량 합이 1일 경우, 해당 유전자는 성염색체에 있고, 남자의 세포이다. 따라서 ㉡는 남자의 세포이다.

이 사람은 ㉠~㉢ 중 3개의 유전자를 가지므로, 1쌍의 유전자형은 이형 접합성으로 가져 상염색체 유전이 있고, 나머지 하나는 성염색체에 있는 유전자이다. ㉠~㉢ 중 2개는 상염색체에 있는 유전자이므로, ㉢은 성염색체에 있는 유전자이다.

핵상을 찾아보자. ㉡에는 ㉢이 있는데, ㉠과 ㉢에는 모두 ㉢이 없으므로, ㉠과 ㉢은 각각 M_2 세포이다. ㉠에서 상염색체에 있는 유전자 하나는 있어야 하므로, ㉢은 상염색체에 있는 유전자이다. ㉡에서 상염색체에 있는 유전자 ㉢이 있으므로, ㉠은 성염색체에 있는 유전자이다. 따라서 ㉠과 ㉢은 성염색체에 있는 대립유전자이고, ㉡과 ㉢은 상염색체에 있는 대립유전자이다.

I ~ III 중 b를 갖는 세포의 수는 1이므로, ㉠~㉢ 중 하나의 세포만 갖는 유전자가 b이다. 따라서 ㉢이 b이며, ㉡은 ㉢과 대립유전자이므로 ㉡은 B이다.

III은 b를 가지므로, ㉡는 III이다.

A는 ㉠과 ㉢ 중 하나인데, I과 II 중 I이 A를 가지므로, ㉢이 A일 수 없다. 따라서 ㉠이 A이며, ㉡는 I이고, 남은 ㉠은 II이다. ㉢은 a이다.

빈칸을 모두 구하면 다음과 같다.

대립유전자	세포		
	I (㉢)	II (㉠)	III (㉡)
A	○	×	○
b	×	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

세포	DNA 상대량			
	㉠	㉡	㉢	㉣
	A	B	b	a
㉠(II)	0	2	0	0
㉡(III)	1	1	1	0
㉢(I)	2	2	0	0

(나)

[선지 판단]

- ㄱ. ㉢은 I이다. (×)
- ㄴ. ㉢은 b이다. (○)
- ㄷ. III에는 A가 있다. (○)

13번 해설

Ⅲ에는 ㉠이 있는데, I 과 Ⅱ에는 ㉠이 없으므로, I 과 Ⅱ의 핵상은 모두 n 이다.

㉡에는 b 가 있는데, ㉢에는 b 가 없으므로, ㉢는 핵상이 n 인 세포이다. ㉡에는 A 가 있는데, ㉣에는 A 가 없으므로, ㉣는 핵상이 n 인 세포이다.

(가)와 (나)에 모두 존재하는 유전자는 b 이므로, ㉠~㉣ 중 b 를 먼저 매칭해보도록 한다. ㉡~㉣ 중 2개의 세포가 b 를 가지므로, I ~Ⅲ에서도 b 를 갖는 세포의 수는 2이다. 따라서 ㉡이 b 이며, b 를 갖지 않는 ㉢는 Ⅱ이다.

㉠과 ㉣은 각각 a 와 B 중 하나인데, ㉠이 B 일 경우, Ⅲ을 통해 이 사람의 유전자형은 Bb 이므로, 모든 세포에 B 와 b 중 하나는 있어야 한다. 그러나 Ⅱ에 B 와 b 가 모두 없는 세포가 생기므로 모순이다. 따라서 ㉠은 a , ㉣은 B 이다.

Ⅱ(㉡)에서 A 의 DNA 상대량은 2이므로, $A+B$ 의 값이 2라는 조건에 의해 B 의 DNA 상대량은 0이다. 따라서 B 와 b 는 성염색체에 있는 유전자이다.

이 사람이 여자면서 B 와 b 가 Y 염색체 유전일 경우, 이 사람의 모든 세포에는 B 와 b 가 없어야 하나, I 과 Ⅲ에는 b 가 있으므로 모순이다. 따라서 이 사람은 남자이다.

세포 Ⅲ, ㉡, ㉢를 포괄적으로 보았을 때, 이 사람은 A, a, b 를 갖는다는 것을 알 수 있다. 해당 문제에서는 남자 1명만 출제되었기에, B 와 b 가 X 염색체와 Y 염색체 중 어디에 있는지 정확히 결정할 수 없다. 편의상 X 염색체에 있다고 두었을 때, 이 남자의 유전자형은 $AabY$ 이다.

㉣에는 A 가 없으므로, a 가 있어야 한다. 따라서 ㉣는 Ⅲ이며, 남은 ㉡는 I이다.

(가)에서 빈칸을 모두 채우면 다음과 같다.

유전자	세포		
	I (㉡)	Ⅱ(㉢)	Ⅲ(㉣)
㉠(a)	x	x	○
㉣(B)	x	x	x
㉡(b)	○	x	○

(○: 있음, x: 없음)

[선지 판단]

- ㄱ. ㉡는 I이다. (x)
- ㄴ. ㉡는 b 이다. (○)
- ㄷ. I에서 A 와 B 의 DNA 상대량을 더한 값은 $1+0 = 1$ 이다. (x)

14번 해설

$a+B$ 의 값에는 1, 2, 3, 4가 모두 존재한다. 따라서 I에서 $a+B$ 의 값은 3이고, Ⅱ에서 4, Ⅲ에서 2, IV에서 1이다. 이때 Ⅱ에서 a 와 B 의 DNA 상대량이 각각 2이므로, Ⅱ에는 a, B 가 있다. 따라서 Ⅱ에서 $A+B$ 의 값은 2이므로, Ⅲ에서 $A+B$ 의 값은 1이다.

값 3 자체는 I에서만 가능하므로, 두 개 이상의 세포에서 관찰되는 수치는 3일 수 없다. 따라서 ㉠, ㉡는 3이 될 수 없다.

Ⅱ에서 ($A+B, a+B$)의 값은 (2, 4)이고, Ⅲ에서는 (1, 2)이다. 이때 Ⅱ에서 $A+B$ 의 값 = Ⅲ에서 $a+B$ 의 값 = 2이므로, 이를 고려해서 Ⅱ를 매칭해보자. Ⅱ가 (나)라면, ㉡이 2가 되는데, (가), (다), (라) 중 Ⅲ의 $a+B$ 의 값인 ㉡(2)이 또 존재하지 않으므로 모순이다. 같은 논리로 (다)가 Ⅱ라면, ㉡이 2가 되고, Ⅲ의 $a+B$ 의 값인 ㉡(2)로 가능한 세포는 (라)이다. 그러나 이때 (라)를 통해 ㉠이 1이 되므로, Ⅱ인 (다)에서 $a+B$ 의 값은 ㉠(1)일 수 없으므로 모순이다. (라)가 Ⅱ라면, ㉠이 2가 되고, Ⅲ의 $a+B$ 의 값인 ㉠(2)으로 가능한 세포는 (다)이다. 그러나 이때 (다)를 통해 ㉡이 1이 되므로, Ⅱ인 (라)에서 $a+B$ 의 값은 ㉡(1)일 수 없으므로 모순이다.

따라서 Ⅱ는 (가)이며, ㉠이 2, ㉡이 4이고, Ⅲ이 (다)이며, ㉢이 1이다. 남은 ㉣는 3이므로, (나)가 I, (라)가 IV이다. IV에서 $A+B$ 는 $1+1$ 이므로, IV에는 A, B 가 있고, Ⅱ에는 a, B 가 있으므로 이 사람의 유전자형은 $AaBB$ 이다.

[선지 판단]

- ㄱ. ㉡는 4이다. (x)
- ㄴ. (다)는 Ⅲ이다. (○)
- ㄷ. IV에서 A 의 DNA 상대량은 1, b 의 DNA 상대량은 0이다. (○)

15번 해설

자녀 1이 ㉠을 갖고 있으므로, 부모 중 한 사람은 ㉠을 가져야 한다. ㉡가 2n일 경우, 부모 모두 ㉠을 갖지 않게 되어 모순이다. 따라서 ㉡는 n, ㉢는 2n이다. 이때 IV를 통해 ㉠은 ㉣과 대립유전자일 수 없는 것을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 A와 a 중 하나이다. 이때 어머니는 ㉠을 갖고 있기 때문에, (가)와 (나)의 유전자는 Y 염색체에 있을 수 없다. 따라서 어머니의 세포에는 A와 a 중 하나는 있어야 하므로, ㉠은 ㉣과 대립유전자일 수 없다. 따라서 ㉠은 ㉠과 대립유전자이고, ㉡은 b이다.

I에서 ㉠과 ㉡이 모두 없으므로, A와 a가 모두 없다. 즉, A, a, B, b는 X 염색체에 있으며, I에는 Y 염색체가 있다. 이때 어머니는 ㉠과 B가 연관된 X 염색체를, 자녀 1의 연관 형태 및 유전자형은 ㉠B/㉡B이다. 따라서 자녀 1은 여자이다. 이때 자녀 1을 통해 부모 모두 B를 가져야 하며, ㉠과 B가 연관된 X 염색체는 아버지로부터 물려받았다.

IV에서 ㉠과 b가 연관된 X 염색체가 있다. 또한 해당 X 염색체는 아버지가 물려줄 수 없으므로, 어머니로부터 물려받았다.

자녀 1은 ㉠과 ㉡을 모두 가지고, B를 가지므로, [AB] 표현형이다. 자녀 2가 딸일 경우, 아버지로부터 ㉠과 B가 연관된 X 염색체를, 어머니로부터 ㉠과 B가 연관된 염색체 또는 ㉠과 b가 연관된 염색체를 물려받는다. 어느 경우건 자녀 2는 [AB] 표현형이 되므로 자녀 1과 2가 한 가지 표현형만 같다는 조건에 모순이 발생한다. 따라서 자녀 2는 아들이며, 연관 형태 및 유전자형은 ㉠b/Y이다. 이때 자녀 2는 [b] 표현형이므로, (가)의 표현형이 자녀 1과 같아야 한다. 따라서 ㉠이 A, ㉡이 a이다.

[선지 판단]

- ㄱ. ㉠은 A이다. (○)
- ㄴ. ㉢는 2n이다. (×)
- ㄷ. 자녀 2의 동생이 태어날 때, 아버지는 ㉡과 B가 연관된 염색체와 어머니는 ㉠과 b가 연관된 염색체를 물려주면, AaBb가 태어날 수 있다. (○)

16번 해설

마지막 조건을 통해 7은 R를 가질 수 있으므로, 7은 (가)의 표현형이 [R]로, 우성 표현형이다. 7은 (가)를 발현하였으므로, (가)는 우성 형질이다. 상 증명을 시도했을 때, 6과 9를 통해 X 염색체 유전자라고 생각하면 모순이 발생하므로, (가)의 유전자는 상염색체에 있다.

6의 (가)의 유전자형은 rr, 7은 Rr이다. (가)의 유전자와 (나)의 유전자가 같은 염색체(연관)에 있건, 서로 다른 염색체(독립)에 있건, 6의 생식세포에는 r가 무조건 있으므로, ㉠에서 r와 E를 가질 확률은 6이 EE라면 1이고, 6이 E_x(x는 F와 G 중 하나)라면 $\frac{1}{2}$ 이다.

7은 (나)의 유전자형이 이형 접합성이므로, 생식세포에서 G를 가질 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 또한 7은 (가)의 유전자형이 Rr이므로,

생식세포에서 R를 가질 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 만약 (가)의 유전자와 (나)의 유전자가 서로 다른 염색체에 있었다면, ㉡에서 R와 G를 모두 가질 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이 되어 ㉠의 확률과 달라져 모순이 발생한다. 따라서 (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 염색체에 있고, 7의 연관 형태 및 유전자형은 RG/r?이다.

2, 4, 7, 9의 (가)의 유전자형은 모두 Rr이므로, 분수 조건에서 분모의 값은 4, 분자는 6이다. 분자가 6이라는 것은, 1, 2, 5, 6은 모두 G를 최소 하나씩은 가져야 한다. 따라서 6의 연관 형태는 rE/rG이고, 7은 RG/r?이고, 9는 RG/r?이다. 6, 7, 8, 9의 (나)의 표현형이 모두 다르다는 조건에 의해 8은 rE/rF이고, 7은 (나)의 유전자형이 이형 접합성이므로 RG/rF, 9는 RG/rG이다. 따라서 6은 [E], 7은 [F], 8은 [EF], 9는 [G] 표현형이다.

7이 갖는 R와 G가 연관된 염색체는 4로부터 비롯되었다. 8이 갖는 F가 4로부터 비롯되었다면, 4의 연관 형태는 RG/rF가 되어 7과 (나)의 표현형이 같아져 모순이다. 따라서 8이 갖는 F는 3으로부터, E는 4로부터 비롯되었다. 이때 3과 4는 모두 [G] 표현형일 수 없으므로, 2, 3, 4, 7의 (나)의 표현형이 모두 다르다는 조건에서 2는 연관 형태가 RG/rG임을 알 수 있다.

6이 갖는 E는 1로부터 비롯되었고, 1, 2, 5, 6에서 체세포 1개당 G의 DNA 상대량을 더하면 6이기 위해선, 1의 연관 형태는 rE/rG이고, 5의 연관 형태는 RG/rG이다.

2, 3, 4, 7 중 [EF]로 가능한 사람은 3밖에 없으므로, 3은 rE/rF의 연관 형태를 갖는다.

16번 해설 이어서

구성원	1	2	3	4	5	6	7	8	9
연관 형태	rE/ rG	RG/ rG	rE/ rF	RG/ rE	RG/ rG	rE/ rG	RG/ rF	rE/ rF	RG/ rG

[선지 판단]

- ㄱ. (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 같은 상염색체에 있다. (○)
 ㄴ. 5의 (나)의 유전자형은 GG로, 동형 접합성이다. (○)
 ㄷ. 3의 (가)와 (나)의 표현형은 [r][EF]로, 6이 자손에게 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 r와 E가 연관된 염색체를 물려주고, 7이 자손에게 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 r와 F가 연관된 염색체를 물려주면 3과 표현형이 같을 수 있다. 따라서 구하는 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다. (○)

17번 해설

(다)에서 E와 G 사이의 우열 관계는 분명하지 않고, E와 G는 F에 대해 완전 우성이다.

P는 b를 가져야 하므로 P의 (나)의 유전자형은 Bb, Q는 BB이다. B가 b에 대해 완전 우성일 경우, ㉠에서 (나)의 표현형이 Q와 같을 확률은 1, 다를 확률은 0이 되어 (가)~(다) 중 적어도 2가지 형질에 대한 표현형에서 분모 8이 나타날 수 없게 된다. 따라서 B와 b는 우열 관계가 분명하지 않고, A는 a에 대해 완전 우성이다.

P와 Q에서 (나)에 대한 유전자형에서 이형접합을 이루는 대립유전자 쌍의 수를 더한 값은 1이므로, (가)와 (다)에 대한 유전자형에서 이형접합을 이루는 대립유전자 쌍의 수를 더한 값은 3이어야 한다.

P의 (가)의 유전자형이 Aa일 때 Q의 (가)의 유전자형은 AA이고, P의 (가)의 유전자형이 aa일 때 Q의 (가)의 유전자형은 AA와 Aa가 가능하다.

P의 (가)의 유전자형이 aa일 때 Q의 (가)의 유전자형이 AA일 경우, (가)와 (다)에 대한 유전자형에서 이형접합을 이루는 대립유전자 쌍의 수를 더한 값 3이 나타날 수 없게 되어 모순이 발생한다.

따라서 P의 (가)의 유전자형이 Aa일 때 Q의 (가)의 유전자형은 AA이거나, P의 (가)의 유전자형이 aa일 때 Q의 (가)의 유전자형은 Aa이다. 두 경우 중 어떤 경우건 (다)에 대한 유전자형에서 이형접합을 이루는 대립유전자 쌍의 수를 더한 값은 2가 되어야만 하므로 P의 (다)의 유전자형은 EF 또는 EG, Q의 (다)의 유전자형은 FG이다. 마지막 조건은 ㉡의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률과 (가)~(다)의 표현형이 모두 Q와 다를 확률을 더한 값이 $\frac{3}{8}$ 이어야 한다(여사건).

1) P의 (가)의 유전자형이 aa이고 Q는 Aa일 때

1-1) P의 연관 형태가 aE/aG, Q가 AF/aG일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$, 모두 다를 확률은 $\frac{1}{8}$ 이므로 모순이다.

1-2) P의 연관 형태가 aE/aF, Q가 AF/aG일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{1}{2}$, 모두 다를 확률은 $\frac{1}{8}$ 이므로 모순이다.

1-3) P의 연관 형태가 aE/aG, Q가 AG/aF일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$, 모두 다를 확률은 $\frac{1}{8}$ 이므로 모순이다.

1-4) P의 연관 형태가 aE/aF, Q가 AG/aF일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$, 모두 다를 확률은 $\frac{1}{4}$ 이므로 모순이다.

2) P의 (가)의 유전자형이 Aa이고 Q는 AA일 때

2-1) P의 연관 형태가 AG/aE이고 Q는 AF/AG일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{1}{4}$, 모두 다를 확률은 0이므로 모순이다.

2-2) P의 연관 형태가 AF/aE이고 Q는 AF/AG일 때

Q의 (가)~(다)의 표현형 중 한 가지만 Q와 같을 확률은 $\frac{3}{8}$, 모두 다를 확률은 0이므로 참이다.

[선지 판단]

ㄱ. A는 a에 대해 완전 우성이고, P의 (가)의 유전자형은 Aa, Q는 AA이다. (○)

ㄴ. Q에서 a를 갖는 정자가 형성될 수 없다. (×)

ㄷ. ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형은 8가지이다. (×)

18번 해설

A, a, B, b, D, d는 연관이고, 문제에서 (가)는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다 했으므로, E와 e는 9번 염색체가 아닌 다른 상염색체에 있다. 즉, 3연관 1독립이다.

대문자 수 최댓값일 확률, 최솟값일 확률은 항상 $\frac{1}{2^n}$ 꼴이다.

㉔의 (가)의 ㉔이 7일 확률이 $\frac{1}{8}$, 6일 확률이 $\frac{1}{16}$ 이라는 뜻은

$\frac{1}{8}$ 은 약분된 값이라는 뜻이다. 따라서 ㉔의 (가)의 ㉔의

최댓값은 8이며, $\frac{1}{16}$ 의 확률이어야 한다는 것을 알 수 있다. 또한

확률이 $\frac{1}{16}$ 이라는 것은, $\frac{1}{2^4}$ 라는 것이며, $n = 4$ 이므로 P와 Q의

(가)에 대한 염색체 4쌍에 각각에 대한 좌우 염색체 대문자 수가 모두 달라야 한다. 따라서 P와 Q는 모두 E와 e를 갖는다. 또한 ㉔의 (가)의 ㉔이 8(AABBDDDEE)일 수 있으므로, P와 Q는 모두 ABD가 연관된 상염색체를 갖는다. 따라서 P와 Q의 유전자 구성을 대문자 수로 표현하면 각각 3/2 1/0까진 파악했다.

㉔의 (가)의 ㉔이 6일 확률은 $\frac{1}{16}$ 이라는 것은, P와 Q가 각각

$\frac{1}{2}$ 의 확률로 ABD가 연관된 염색체를 물려주고, 각각 $\frac{1}{2}$ 의

확률로 e를 물려줄 때만 가능하다는 뜻이다. 이외 경우는 대문자 수 6이 나타나면 안 된다. 앞서 Step 2에서 P와 Q의 (가)에 대한 염색체 4쌍에 각각에 대한 좌우 염색체 대문자 수가 모두 달라야 한다고 했으므로, 부모에 3/3인 사람은 없다. 3/2가 있을 경우, 대문자 수가 2인 염색체, 배우자가 대문자 수가 3인 염색체, 부모 중 한 사람은 E, 나머지 한 사람은 e를 물려줘 대문자 수 6이 가능한 추가 경우의 수가 발생하게 되어 모순이다.

3/1이 있을 경우, 대문자 수가 1인 염색체, 배우자가 대문자 수가 3인 염색체, 부모가 모두 E를 물려주면 대문자 수 6이 가능한 추가 경우의 수가 발생하게 되어 모순이다.

따라서 P와 Q의 유전자 구성은 3/0 1/0으로 같다는 것을 파악할 수 있다.

P와 Q의 연관 형태 및 유전자형은 ABD/abd Ee인데, 이를 대문자 수로 표현하면 3/0 1/0인 것이다. 이때 ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수는 9이고, ㉔의 (가)의 ㉔이 3일 확률은

$\frac{1}{8}$ 이다. 따라서 구하는 값은 $\frac{9}{8}$ 이다.

19번 해설

편의상 A, a, B, b가 있는 염색체를 1번 염색체, D와 d가 있는 염색체를 2번 염색체라고 해보겠다. ①에게서 나타날 수 있는 1번 염색체에 대한 유전자형은 최소 2가지 이상이고, 2번 염색체에 대한 유전자형도 최소 2가지 이상이다. 즉, 분자의 값은 최소 $2 \times 2 = 4$ 이상이어야 하므로, 분수값은 $\frac{6}{4}, \frac{9}{6}, \frac{12}{8}$ 중 하나이다. 1번 염색체에서 가능한 최대 유전자형은 4가지이고, 2번 염색체는 최대 3가지이므로, 분자의 값이 12를 초과하는 경우는 생각하지 않아도 된다.

Q의 (가)의 유전자형은 aa인데, 만약 Q의 연관 형태 및 유전자형이 aB/aB거나 ab/ab라면, ①에게서 나타날 수 있는 1번 염색체에 대한 유전자형은 최대 2가지이고, 분자의 값은 최소 6이므로, 2번 염색체에 대한 유전자형은 3가지가 나타나야 한다. 즉, Q는 D와 d를 갖는다. 이때 ③에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 $3 + 3 = 6$ 가지가 되어 모순이다. ([A] 표현형일 때 3가지 다인자 표현형, [a] 표현형일 때 3가지 다인자 표현형이 나타난다.)

따라서 Q의 연관 형태 및 유전자형은 aB/ab여야 하고, 이때 ①에게서 나타날 수 있는 1번 염색체에 대한 유전자형은 최대 4가지이다. 이때 분자는 4의 배수여야 하므로, 분수값은 $\frac{12}{8}$ 로 확정되며, 2번 염색체에 대한 유전자형은 3가지가 나타나야 하므로, Q는 D와 d를 갖는다.

①에서 ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 Q와 같을 확률은 아래 비율 표에서 색칠된 부분이다. Q의 표현형은 [a](2)이다.

비율 대문자 수		1	2	1
		2	1	0
1	Aa(1)	[A](3)	[A](2)	[A](1)
1	Aa(0)	[A](2)	[A](1)	[A](0)
1	aa(2)	[a](4)	[a](3)	[a](2)
1	aa(1)	[a](3)	[a](2)	[a](1)

따라서 구하는 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.

20번 해설

2는 (가)의 유전자형이 동형 접합성이므로, AA와 aa 중 하나이다. AA일 경우, 4는 A를 가지고, 2와 (가)의 발현 여부가 같아야 하므로 모순이다. 따라서 2의 유전자형은 aa이고, 2를 통해 (가)는 열성 형질이다.

7이 태어날 때 수정된 생식세포 중 n+1인 세포가 감수 1분열 과정에서 염색체 비분리가 일어났다면, 7은 4와 5 중 한 명과 (가)와 (나)의 연관 형태가 같아야 한다. 그러나 4, 5, 7의 (나)의 유전자형은 모두 다르므로 모순이다. 따라서 7이 태어날 때 수정된 생식세포 중 n+1인 세포는 감수 2분열 과정에서 염색체 비분리가 일어났으며, 한 사람으로부터 유전적 구성이 같은 7번 염색체 2개를 물려받았으므로, 7의 (가)와 (나)의 유전자형은 모두 동형 접합성이다. 따라서 7의 연관 형태를 편의상 Ax/Ax라고 써둘 수 있다(x는 E, F, G 중 하나).

7이 갖는 A와 x가 연관된 염색체 2개는 구성원 4로부터 물려받았을 수밖에 없다. 이때 4는 2로부터 a를 물려받고, 7과 (나)의 유전자형이 다르므로, 편의상 4의 연관 형태는 Ax/ay라고 써둘 수 있다(y는 E, F, G 중 하나이고, x와 다름).

4가 갖는 A와 x가 연관된 염색체는 1로부터 비롯되었고, 1은 4와 (나)의 유전자형이 달라야 하고, 3에게 a를 물려주므로, 1의 연관 형태는 Ax/az라고 써둘 수 있다(z는 E, F, G 중 하나이고, x, y와 다름).

2, 4, 6은 모두 a와 y가 연관된 염색체를 갖는다. y로 이루어질 수 있는 (나)의 유전자형은 xy, xy, yz로 총 3가지이다. 1, 5, 7은 y를 가질 수 없으므로, 6의 (나)의 유전자형이 yy일 수 없다. 따라서 2가 yy이며, 3의 연관 형태는 ay/az이다.

1~7 중 (나)의 유전자형이 zz로 가능한 유일한 사람은 5이다. 따라서 5의 연관 형태는 az/az, 6은 ay/az이다.

2, 3, 4, 7 중 [EF]로 가능한 사람은 3밖에 없으므로, 3은 rE/rF의 연관 형태를 갖는다.

4, 5, 6의 (나)의 표현형은 모두 다르므로, 5가 GG이며, z가 G이다. y가 E일 경우, 4와 6의 (나)의 표현형이 같아지므로 모순이다. 따라서 y가 F, x가 E이다. 각 구성원의 연관 형태를 정리하면 다음과 같다.

구성원	1	2	3	4	5	6	7
연관 형태	AE/aG	aF/aF	aF/aG	AE/aF	aG/aG	aF/aG	AE/AE

[선지 판단]

- ㄱ. 2와 6의 (나)의 표현형은 [F]로 같다. (○)
- ㄴ. 3의 (나)의 유전자형은 FG로, 이형 접합성이다. (×)
- ㄷ. 1의 (나)의 표현형은 [E]이고, 2~7 중 [E] 표현형은 4와 7로, 2명이다. (×)

21번 해설

자녀 1의 A+a+b+d의 값은 6으로, A+a의 값이 2, b와 d의 값이 각각 2이다. 따라서 자녀 1의 (나)와 (다)의 유전자형은 bbdd이고, 표의 값을 통해 (가)의 유전자형은 Aa임을 알 수 있다. 따라서 자녀 1의 연관 형태는 Abd/abd이다. 이때 a와 d가 연관된 염색체는 아버지로부터 받을 수 없으므로, 어머니로부터 물려받았고, 아버지는 A, b, d가 연관된 염색체를 자녀 1에게 물려주었다. 이때 표에서 아버지의 A+b는 1+1이고, a+d는 0+1이다. A+a의 값은 1이므로, (가)~(다)의 유전자는 모두 X 염색체에 있으며, 자녀 1은 여자이다. 아버지의 연관 형태는 Abd/Y이다. 이때 어머니는 a, b, d를 자녀 1에게 물려주었으므로, 어머니의 연관 형태는 A?D/abd이다.

아들에게서 A+a+B+b+D+d의 값은 3이다. 자녀 2에서 A+a+b+d의 값은 4이므로, 자녀 2는 딸이다. 자녀 3의 경우, 딸이라면 연관 형태가 aBD/aBD이고, 아들이라면 aBd/Y이다. 유전자 돌연변이를 고려하더라도 아버지는 a, B, D가 연관된 염색체를 물려줄 수 없으므로, 자녀 3은 아들이다.

부모 중 a를 갖는 사람은 어머니가 유일하고, 어머니는 a, b, d가 연관된 염색체가 있으므로, ㉠은 b, ㉡은 B이다. ㉢는 자녀 3이므로, 자녀 2는 정상적으로 태어났고, 아버지로부터 A, b, d가 연관된 염색체를 물려받으므로, 표를 통해 자녀 2의 연관 형태는 ABD/Abd이다. 따라서 어머니의 연관 형태는 ABD/abd이다.

각 구성원의 연관 형태를 정리하면 다음과 같다.

구성원	아버지	어머니	자녀 1	자녀 2	자녀 3
연관 형태	Abd/Y	ABD/abd	Abd/abd	ABD/Abd	aBd/Y

[선지 판단]

- ㄱ. ㉠은 b이다. (○)
- ㄴ. (나)의 유전자는 X 염색체에 있다. (×)
- ㄷ. 어머니의 유전자형은 AaBbDd이다. (○)

22번 해설

a+T의 값 0과 4는 부모 자식 관계일 수 없다. 자녀 3의 a+T의 값이 1, 2, 3 중 하나라면, a+T의 값 0과 4는 각각 자녀 1과 자녀 2 중 하나이다. 이때 부모의 a+T의 값은 2로 같아져 모순이 발생한다. 따라서 ㉠은 0과 4 중 하나이다. 이때 결실이 H와 h에서만 일어났다면, 자녀 3은 a+T의 관점에서는 정상인이다. 그렇게 될 경우 같은 논리로 자녀 1과 2 중 a+T의 값이 0 또는 4인 구성원이 있게 되고, 부모의 a+T의 값은 2로 같아져 모순이 발생한다. 따라서 A, a, T, t 중 한 곳에서 염색체 결실이 발생했으며, 그 값이 a+T에 영향을 주어야 하므로, ㉠은 4일 수 없다. (㉠이 4라면, aaTT가 되어 결실이 발생하지 않는다.) 따라서 ㉠은 0이다.

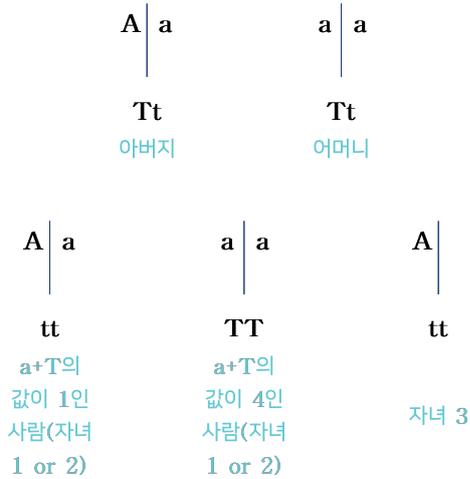
부모 중 a+T의 값이 4인 구성원이 있다면, 해당 구성원은 자녀 3에게 a와 T를 모두 물려주지 않아야 하는데, 결실 1회를 고려하더라도 해당 상황을 만들 수 없어서, ㉡과 ㉢ 중 하나는 4이다. 자녀 1과 2 중 a+T의 값 4를 갖는 사람의 유전자형은 aaTT이므로, a+T의 값이 1인 부모는 나타날 수 없다. 따라서 ㉡과 ㉢ 중 하나는 1이며, 남은 ㉠과 ㉣은 각각 2와 3 중 하나이다.

a+T의 값이 3인 부모는 a와 T 중 적어도 하나는 정상적으로 자녀에게 물려줘야 하는데, 자녀 3은 a와 T가 모두 없다. 이는 결실로 설명이 가능하므로, ㉡이 3, ㉢이 2이다. 이때 아버지는 정상적으로 자녀 3에게 유전자를 물려주므로, A와 t를 물려주었으며, 아버지에서 a+T의 값 2를 만족시키려면 아버지의 유전자형은 AaTt이다.

아버지의 (가)의 유전자형은 Aa이고, 자녀 1과 2 중 a+T의 값이 4인 사람은 aa, 값이 1인 사람은 Aa 또는 AA이다. 자녀 3은 A를 가지므로, 아버지, 자녀 3, 자녀 1과 2 중 a+T의 값이 1인 사람은 [A] 표현형이다. (가)가 발현된 사람은 2명이라는 조건에 의해 (가)는 열성 형질이며, 어머니의 (가)의 유전자형은 aa이다. 이때 어머니의 a+T의 값은 3이므로, 어머니는 T와 t를 갖는다. 또한 어머니는 a를 a+T의 값이 1인 자녀에게 물려주므로, 해당 자녀의 유전자형은 Aatt이다. 또한 어머니는 a를 자녀 3에게 물려주면 안 되므로, 결실은 5번 염색체에서 일어났다.

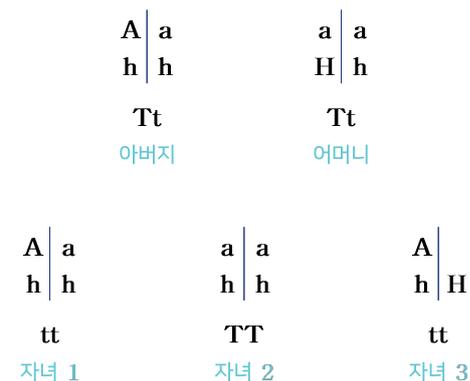
22번 해설 이어서

지금까지 구한 정보를 가계도로 나타내면 다음과 같다.



아버지는 a+T의 값이 4인 자녀과 자녀 3에게 A가 있는 5번 염색체를 물려준다. 만약 아버지에서 A와 H가 연관된 염색체를 갖는다면, 아버지와 자녀 3의 (나)의 표현형이 같아야 하므로 (2)로 같으며, 아버지는 연관 형태 및 유전자형이 AH/ah Tt, 자녀 3은 AH/_H tt이며, 어머니는 (나)의 표현형이 아버지와 달라야 하므로 (3)이며, ah/ah Tt이다. 이때 a+T의 값이 1인 사람은 AH/ah tt가 되어 아버지와 (나)의 표현형이 같아지는 모순이 발생한다. 따라서 아버지는 A와 h가 연관된 염색체가 있으며, 자녀 3과 (나)의 표현형이 같아야 하므로, ⓐ는 (1)이다. 아버지와 a+T의 값이 1인 사람은 (나)의 표현형이 달라야 하므로 (0)이며, Ah/ah tt이다. 어머니는 (0)일 수 없으므로, a+T의 값이 1인 사람은 자녀 1, 자녀 2의 a+T의 값이 4이며, ⓐ는 (0), ⓑ는 (2)이다.

모든 구성원의 연관 형태 및 유전자형을 정리하면 다음과 같다.



따라서 ⓐ는 1, ⓑ는 4이다.

[선지 판단]

- ㄱ. ⓐ는 1이다. (○)
- ㄴ. (가)는 열성 형질이다. (×)
- ㄷ. 자녀 3의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 8가지이다. (○)

23번 해설

1~5의 유전자형은 서로 다르므로, 1~5 중 동형 접합성인 구성원은 없다. 따라서 7과 8의 유전자형은 각각 FF와 GG 중 하나이다. 이때 8이 태어날 때 정상 생식세포를 물려준 부모의 유전자형은 FG이다. 따라서 6의 유전자형은 FG이고, ⓐ는 5에서 형성되었다.

2, 4, 5의 표현형은 같으므로, [D] 표현형으로 같다. 6의 표현형은 [F]이므로, 7은 FF일 수 없다. 따라서 7의 유전자형은 GG, 8은 FF이다. 이를 통해 5의 유전자형은 DG이고, ⓑ는 F임을 알 수 있다.

5가 갖는 D는 2로부터 물려받았고, G는 1로부터 물려받았으므로, 1의 유전자형은 EG, 3은 EF이다. 3이 F를 가지므로, 2는 F를 가져야 한다. 따라서 2는 DF, 남은 4는 DE이다.

[선지 판단]

- ㄱ. 2의 유전자형은 DF이다. (○)
- ㄴ. ⓐ는 5에서 형성되었다. (○)
- ㄷ. 8의 동생이 태어날 때, 이 아이의 표현형이 1과 같을 확률은 0이다. (×)