

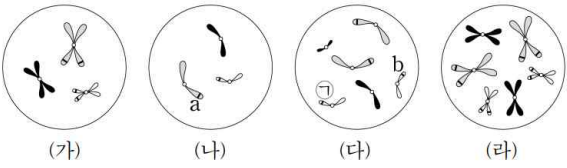
과학탐구 영역 (생명과학 I)

제 4 교시

성명		수험번호																		
----	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[9평 13번]

13. 그림은 같은 종인 동물($2n=6$) I과 II의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. 이 동물 종의 특정 형질은 대립 유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정되며, I의 유전자형은 AaBB이고, II의 유전자형은 AABb이다. ㉠은 B와 b 중 하나이다.



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

- <보기>
- ㄱ. ㉠은 B이다.
 - ㄴ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.
 - ㄷ. (라)는 II의 세포이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 9평 13번 문제 해설 및 분석

1페이지에 주로 배치되는 세포 그림을 통한 ‘종 구분하기’ 유형이 3페이지에 배치되었습니다. 이 문제의 경우는 난이도가 많이 낮았지만 16 수능 7번 문제처럼 2페이지쯤에 난이도가 높은 문제로 배치되어 전체적인 시험 무게를 좌우할 수도 있는 유형이므로 다양한 상황을 떠올려보시길 추천 드립니다.

이 문제의 특징은 보통 ‘종 구분하기’ 유형이 염색체 크기와 모양이 주요한 열쇠가 되었던것에 반해서 구체적인 유전자형이 도입되었고, 그것이 원래 염색체 그림이 하던 역할을 대체했다는 것입니다. 난이도가 높은 문제는 아니었으므로 간단하게 풀이를 하고, 자작문제를 통해서 ‘종 구분하기’ 유형에서 유전자형의 도입이 어떻게 활용될 수 있는지를 살펴보도록 하겠습니다.

우선, 세포 그림을 살펴보면 (다)의 검은색 염색체의 크기가 다르므로 (다)는 수컷의 세포이고, 검은색 세포는 성염색체를 알 수 있습니다. 반대로 (라)는 상동 염색체의 모양과 크기가 모두 같으므로 암컷의 세포임을 알 수 있습니다. 즉, I과 II는 성이 다른 개체이네요. 이제 유전자를 중심으로 살펴보겠습니다.

(나)는 a를 가지는데, II는 a를 가지지 않으므로 (나)는 I의 세포입니다. 같은 논리로 (다)는 b를 가지는데, I은 b를 가지지 않으므로 (다)는 II의 세포입니다. 따라서 II가 수컷이고, I이 암컷임을 알 수 있네요. (다)에서 II의 유전자형은 Bb이므로 ㉠은 B임을 쉽게 알 수 있네요. 남은 (가)는 II의 세포겠네요.

- ㄱ. ㉠은 B이므로 옳은 선지입니다. (○)
- ㄴ. (가)의 핵상은 n, (다)의 핵상은 2n이므로 핵상이 다릅니다. (×)
- ㄷ. (라)는 암컷 I의 세포입니다. (×)

성이 다른 두 개체의 유전자형이 주어지고, 각 세포의 대립 유전자 유무를 통해 세포 주인의 성을 확정시키고 더 나아가서 개체를 확정시키는 간단한 논리가 사용된 문제입니다. 자작문제를 통해서 좀 더 응용되어 출제될 수 있는 상황을 살펴보겠습니다.

1. 다음은 어느 동물 종의 개체 A,B의 세포에 대한 자료이다.

- 암컷 A와 수컷 B가 속하는 동물 종에서 암컷의 성염색체는 XX, 수컷의 성염색체는 XY이다.
- H와 h는 X 염색체에 존재하는 대립 유전자이다.
- 세포 I~IV 중 2개는 A의 세포이고, 나머지 2개는 B의 세포이다. 아래의 표는 I~IV에서 유전자 H의 유무를 나타낸 것이다.

세포	I	II	III	IV
유전자 H 유무	○	○	○	×

- 세포 ㉠~㉣ 중 2개는 A의 세포이고, 나머지 2개는 B의 세포이다. 아래의 표는 ㉠~㉣에서 유전자 h의 유무를 나타낸 것이다. 염색체 수는 ㉠이 ㉡보다 많고, ㉢이 ㉣보다 많다.

세포	㉠	㉡	㉢	㉣
유전자 h 유무	○	○	×	×

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

— <보기> —

- ㄱ. ㉠에는 유전자 H가 있다.
- ㄴ. ㉢에는 유전자 H가 있다.
- ㄷ. ㉢에는 Y 염색체가 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2. 다음은 어느 동물 종의 두 개체 I,II에 대한 자료이다.

- I과 II는 서로 같은 동물 종이고, I은 암컷, II는 수컷이다. 이 동물 종에서 암컷의 성염색체는 XX, 수컷의 성염색체는 XY이다.
- 형질 ㉠은 한 쌍의 대립 유전자 A와 a에 의해 결정되고, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- 4개의 세포 (가)~(라) 중 2개는 I의 세포, 나머지 2개는 II의 세포이다.
- 아래의 표는 세포 (가)~(라)의 유전자 a의 유무, 핵상, Y 염색체 유무를 나타낸 것이다. ㉡와 ㉢는 각각 2n과 n 중 하나이고, ㉣와 ㉤는 각각 ○와 × 중 하나이다.

세포	(가)	(나)	(다)	(라)
a의 유무	○	×	×	?
핵상	㉡	㉢	㉣	㉤
Y 염색체 유무	㉥	㉦	㉧	㉨

- I과 II 사이에서 태어난 자손(F_1)의 표현형은 2가지이고, A와 a를 모두 가지지 않는 개체는 없다.

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

— <보기> —

- ㄱ. A와 a는 X 염색체에 있는 대립 유전자이다.
- ㄴ. ㉡는 2n이다.
- ㄷ. ㉢는 ×이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 자작문제 1번 해설 - 답 : ㉓

기출문제 13번과 마찬가지로 대립 유전자의 유무가 주요한 키워드로 사용된 문제입니다. 난이도는 기출문제보다 조금 어려운 수준입니다. 풀이해보겠습니다.

암컷 A와 수컷 B의 세포 4개가 주어졌습니다. H,h는 X 염색체에 존재하는 대립 유전자이고, I~IV에서 H의 유무에 대한 표가 주어졌습니다. 4개의 세포 중 3개의 세포가 H를 가지므로 A와 B는 모두 유전자 H를 가짐을 알 수 있습니다. 기출문제에서는 보기 힘든 생소한 논리입니다. IV에 대한 정보는 더 이상 알 수 없으므로 다음 조건으로 넘어 가겠습니다.

다음 조건에서는 새로운 세포 ㉑~㉔가 주어졌습니다. 염색체 수 조건을 통해서 ㉑,㉔의 핵상은 2n이고, ㉒,㉓의 핵상은 n임을 쉽게 알 수 있습니다. 핵상이 2n인 세포 ㉑과 ㉔을 통해 알 수 있는 정보는 A와 B 중 한 개체는 h를 가지지 않고, 한 개체는 h를 가진다는 사실입니다. 위에서 A와 B가 모두 H를 가진다는 정보는 얻었으므로 A와 B 중 한 개체의 유전자형은 Hh임을 알 수 있습니다. 그런데 H와 h는 X 염색체에 존재하는 대립 유전자이므로 암컷 A의 유전자형이 Hh이고, 남은 수컷 B의 유전자형은 HY임을 알 수 있습니다. 따라서 h를 가지는 ㉑과 ㉒은 A의 세포이고, 남은 ㉔과 ㉓은 B의 세포임을 알 수 있습니다.

- ㄱ. ㉑은 핵상이 2n인 A의 세포이므로 H가 있습니다. (○)
- ㄴ. ㉒은 핵상이 n인 세포이므로 H가 없습니다. 핵상에 대한 정보를 질문한 선지가 되겠네요. (×)
- ㄷ. ㉔은 핵상이 2n인 수컷 B의 세포이므로 Y 염색체가 반드시 있습니다. ㉔이 B의 세포인지를 묻는 선지이네요. (○)

* 자작문제 2번 해설 - 답 : ㉔

대립 유전자 유무와 더해 '종 구분하기' 유형에서 평소 자주 활용되는 Y 염색체 유무까지 결합시킨 문제입니다.

I은 암컷, II는 수컷이고, 형질 ㉑은 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정됩니다. I과 II의 세포 4개가 제시되었고, 특이한 표가 제시되었네요. 표에서 가장 먼저 분석해야될 정보는 당연히 Y 염색체의 유무입니다. (가),(나)와 (다),(라)가 각각 Y 염색체 유무가 같으므로 (가),(나)가 같은 개체의 세포이고, (다),(라)가 같은 개체의 세포임을 알 수 있습니다. 혹시 헷갈리실까봐 잠깐 언급드리면 Y 염색체가 있는 세포는 반드시 수컷의 염색체이지만, Y 염색체가 없는 세포가 반드시 수컷의 염색체는 아닙니다. 왜냐하면 수컷의 핵상이 n인 세포에서는 Y 염색체가 없을 수 있기 때문입니다. 이 문제의 경우에는 (가)~(라)에서 각각 2개씩 I과 II의 세포라는 조건이 있었으므로 위의 논리가 가능하겠죠?

한 개체의 세포인 (가)와 (나)를 먼저 보겠습니다. (가)는 a를 가지지만, (나)는 a를 가지지 않습니다. 따라서 ㉔가 2n, ㉑가 n임을 쉽게 알 수 있습니다. 그러면 (다)는 핵상이 2n인데, a를 가지지 않으므로 I과 II 중 한 개체는 a를 가지지 않음을 알 수 있네요.

마지막 조건을 보겠습니다. I과 II에서 태어난 자손의 표현형이 2가지라고 했는데, 만약 I과 II 중 a를 가지지 않는 개체의 유전자형이 AA라면 자손의 표현형은 반드시 1가지가 됩니다. A와 a를 모두 가지지 않는 개체는 없다는 조건을 통해서 A,a가 Y 염색체에 있을 가능성은 배제되므로 a를 가지지 않는 개체는 암컷 I이 될 수는 없겠네요. 따라서 II가 a를 가지지 않고, A,a는 X 염색체 유전을 함을 알 수 있습니다. (다)와 (라)가 수컷 II의 세포이므로 ㉔는 ○겠네요.

- ㄱ. A와 a는 X 염색체에 존재하는 대립 유전자입니다. (○)
- ㄴ. ㉔는 2n입니다. (○)
- ㄷ. ㉔는 ○이므로 틀린 선지네요. (×)

[9평 14번]

14. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

- ㉠은 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d를 가진다.
- ㉠의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립 유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- ㉡은 대립 유전자 E와 e에 의해 결정되며, E는 e에 대해 완전 우성이다.
- ㉠과 ㉡의 유전자형이 AaBbDdEe인 부모 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 11가지이고, ㉠가 가질 수 있는 유전자형 중 aabbdee가 있다.

㉠에서 ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 부모와 같을 확률은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① $\frac{3}{11}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{8}$ ④ $\frac{3}{32}$ ⑤ $\frac{1}{16}$

* 9평 14번 문제 해설 및 분석

다인자 유전과 단일 인자 유전이 결합된 상황에서 자손의 표현형 수를 통해 부모의 유전자 연관 상태를 추론하는 전형적인 문제입니다. 최근에 출제된 이런 유형의 문제 중에 가장 기억에 남는 문항은 2017년 9월 모의고사 17번 문항(부록 기출문제 1번)인데요, 그 문제도 자손의 표현형 10가지라는 조건을 통해서 연관 상태의 케이스를 줄여가는 과정이 이 문항과 상당히 유사합니다. 이 문제를 접하신 뒤, 3쌍 다인자 + 단일 인자의 상황에서 자손의 표현형이 n가지일 때, 연관 상태를 외우는 공부를 하시는 분이 있으실 것도 같은데 그건 결코 좋은 공부 방향이 아닙니다. 모든 상황의 모든 표현형의 경우의 수를 전부 외울 수 없습니다. 그런식으로 공부할 경우 본인이 외우지 못한 상황이 출제되었을 경우 당황할 수밖에 없습니다. 이 유형의 경우 11가지 표현형이라는 조건을 통해 논리적으로 연관 상태를 찾는 연습을 하셔야합니다. 풀이를 통해 확인해봅시다.

형질 ㉠은 3쌍의 대립 유전자에 의해 결정되는 다인자 유전 형질입니다. ㉡은 우열이 분명한 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되는 형질 이네요. 바로 마지막 조건을 보면, 유전자형이 모두 이형 접합인 부모 사이에서 태어난 자손의 표현형이 11가지라고 합니다. 뒤의 유전자형 조건은 잠시 미뤄두고 표현형 개수에 대한 생각을 먼저 해봅시다.

우선 가장 먼저 보이는 부분은 11가지라는 표현형이 짝수가 아닌 홀수라는 점입니다. 만약 ㉡을 결정하는 대립 유전자 E와 e가 ㉠을 결정하는 대립 유전자들과 독립되어 있다면 ㉡ 표현형은 항상 2가지가 가능하므로 자손의 표현형은 반드시 짝수가 되어야합니다. 하지만 그렇지 않으므로 E와 e는 적어도 한 쌍의 ㉠ 대립 유전자와 연관되어 있음을 알 수 있습니다. 여기서 머릿속으로 한 쌍과 연관, 두 쌍과 연관, 세 쌍과 연관으로 빠르게 케이스를 나눌 수 있을 정도로 연습하셔야 합니다.

세 쌍과 모두 연관되어 있을 경우는 당연히 자손의 유전자형이 4가지 밖에 가능하지 않으므로 표현형이 11가지가 될 수 없습니다. 두 쌍과 연관되어 있을 경우를 살펴봅시다. 논리가 조금 어려울 수도 있지만 연습하면 현장에서 아주 빠르게 잘못된 케이스들을 배제시킬 수 있으므로 천천히 봅시다. E,e와 두 쌍의 대립 유전자가 연관되어 있는 연관군에서 나올 수 있는 표현형부터 고려해보면 ㉡의 표현형이 E_인 경우와 ee인 경우로 나눌 수 있습니다. E와 e와 연관된 ㉠ 대립 유전자들이 어떤 연관 상태인지는 알 수 없지만 표현형이 E_일 경우와 ee일 경우를 합쳐서 ㉠ 대문자 대립 유전자 조합이 최대 4가지까지 나올 수 있습니다. 이후 남은 한 쌍의 대립 유전자가 있는 연관군에서 대문자 대립 유전자 개수가 0개~2개로 선택될 수 있기 때문에 표현형이 E_일 경우와 ee일 경우에 각각 최대 2개씩의 표현형이 추가될 수 있습니다. 따라서 가장 많은 표현형이 생겨봤자 4가지+2가지+2가지=8가지입니다. 11가지의 표현형이 만들어질 수 없기 때문에 옳지 않은 케이스라고 판단할 수 있겠네요.

결국 남은 케이스인 E,e가 한 쌍의 대립 유전자와 연관되어 있는 경우가 옳은 케이스임을 알 수 있겠네요. ㉠가 가질 수 있는 유전자형 중 aabbdee가 있다는 조건을 통해서 ㉠의 부모에서 모두 E와 대문자 대립 유전자가 연관, e와 소문자 대립 유전자가 연관되어 있음을 알 수 있습니다. 나머지 2쌍의 대립 유전자가 서로 연관되어 있을 경우 표현형이 11가지가 될 수 없으므로 서로 독립되어 있음을 쉽게 알 수 있습니다. 글로는 장황하게 적었지만 체계적으로 사고를 한다면

10초안에 끝낼 수 있는 내용입니다.

마지막 계산을 해보겠습니다. ㉔의 유전자형이 Ee일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이고, 이 경우 대문자 대립 유전자는 2개가 반드시 선택됩니다. 따라서 이 경우에는 나머지 연관군에서 대문자 대립 유전자가 1개만 선택되어야 합니다. 이 케이스의 확률이 $\frac{1}{4} \times 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 입니다.

㉕의 유전자형이 Ee일 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, 이 경우 대문자 대립 유전자는 1개가 반드시 선택됩니다. 따라서 이 경우에는 나머지 연관군에서 대문자 대립 유전자가 2개만 선택되어야 합니다. 이 케이스의 확률이 $\frac{1}{2} \times (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + 2 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}) = \frac{3}{16}$ 입니다.

따라서 구하고자 하는 최종적인 확률은 $\frac{1}{16} + \frac{3}{16} = \frac{1}{4}$ 입니다.

자작문제에서 자손의 표현형 조건을 통해 부모의 유전자 연관 상태를 추론하는 연습을 해보겠습니다.

3. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

- ㉠은 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d를 가진다.
- ㉠의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립 유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.
- ㉡은 대립 유전자 E와 e에 의해 결정되며, E와 e의 우열은 불분명하다.
- ㉠과 ㉡의 유전자형이 AaBbDdEeFf인 부모 사이에서 ㉠이 태어날 때, ㉡에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 6가지이다.

㉠의 ㉡ 유전자형이 Ee일 때, ㉠의 G1기 체세포가 가질 수 있는 A,B,D 개수의 합의 최댓값은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

* 자작문제 3번 해설 - 답 : ㉓

기출문제와 다르게 ㉒이 중간 유전으로 제시되었습니다. 바로 교배 조건을 보도록 하겠습니다.

㉒의 표현형이 6가지가 가능하다고 했는데, 기출문제와 마찬가지로 ㉒의 ㉒ 형질의 표현형에 따른 해당 연관군에서 나올 수 있는 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수를 구하고, 나머지 연관군에서 나올 수 있는 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수를 더해서 표현형을 구하는 식으로 6가지 라는 표현형을 분석해 보겠습니다.

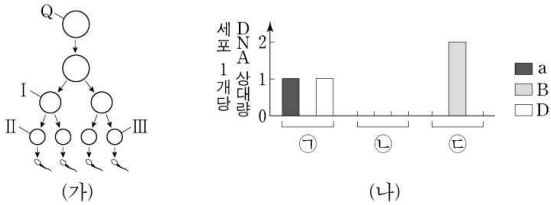
㉒의 표현형이 EE일 때, Ee일 때, ee일 때를 생각해 보면 EE일 때와 ee일 때는 유전자형이 한 가지로 고정되므로 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수도 항상 한 가지로 고정됩니다. 그러나 Ee일 때는 최대 두 가지 까지 나올 수 있습니다. 여기에 나머지 연관군에서 나오는 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수까지 고려하여 ㉒가 가질 수 있는 표현형의 개수는 항상 3~4가지 + 3×k가지(k는 0도 가능)가 되어야 하는데, 6가지 가 되기 위해서 4가지 + 3×k가지가 될 수는 없으므로 ㉒의 유전자형 이 Ee일 때도 해당 연관군에서 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수는 하나 로 고정됨을 알 수 있습니다. 즉, E와 e가 있는 연관군에 대해서 E와 e와 연관되어 있는 대문자 대립 유전자 개수가 부모끼리 같음을 알 수 있네요.

k=1이 되어야 하므로 E,e와 독립되어 있는 나머지 연관군에서 대문자 대립 유전자 개수의 경우의 수가 2가지만 나와야함을 알 수 있습니다. 가능한 경우는 두 쌍의 대립 유전자가 부모끼리 서로 다른 연관 상태로 연관되어 있는 경우밖에 없습니다. 이 연관군에서 ㉒가 가질 수 있는 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수는 3개 또는 1개가 되겠네요.

문제에서 묻는 값을 구해보겠습니다. E와 e가 있는 연관군에서 유전자형이 Ee일 때, ㉒ 대문자 대립 유전자는 반드시 1개만 선택됩니다. 나머지 연관군에서 가질 수 있는 ㉒ 대문자 대립 유전자 개수의 최댓값은 3개이므로 구하고자 하는 값은 4개입니다.

[9평 15번]

15. 사람의 유전 형질 ③은 3쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정되며, ③을 결정하는 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다. 그림 (가)는 유전자형이 AaBbDd인 G1기의 세포 Q로부터 정자가 형성되는 과정을, (나)는 세포 ㉠~㉢의 세포 1개당 a,B,D의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 I~III을 순서 없이 나타낸 것이다. (가)에서 염색체 비분리는 1회 일어났고, I~III 중 1개의 세포만 A를 가지며, I은 중기의 세포이다.



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

- <보기> —
- ㄱ. Q에서 A와 b는 연관되어 있다.
 - ㄴ. 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
 - ㄷ. 세포 1개당 a,b,d의 DNA 상대량을 더한 값은 II에서와 III에서가 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

* 9평 15번 문제 해설 및 분석

비분리가 발생한 세포 분열 유형입니다. 비분리가 발생한 세포 분열에서는 비분리가 발생한 시기와 세포 또는 대립 유전자의 연관 상태를 알려주기 위해 다양한 조건을 제시하는데, 이 문제에서는 처음으로 특정 유전자를 가지는 세포의 수를 알려줌으로써 대립 유전자의 연관 상태를 확정했습니다. 문제의 난이도는 높지 않으므로 기출문제를 통해 비분리가 발생한 세포 분열 유형에서 필요한 스킬을 파악하고 알맞게 적용하는 연습을 하셨다면 아마 무난하게 해결할 수 있는 문제였을것 같습니다.

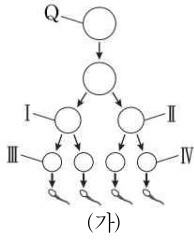
조건을 모두 읽은 뒤, 그래프 (나)를 분석하는것이 올바른 풀이 순서겠네요. (나)의 ㉠을 먼저 보면 DNA 상대량이 1인 유전자가 있으므로 II 또는 III임을 알 수 있습니다. 그런데 ㉡, ㉢은 모두 a와 D를 가지지 않습니다. 따라서 ㉠은 II가 될 수 없으므로 III임을 쉽게 알 수 있습니다. 같은 논리로 II는 I이 가지고 있지 않은 유전자를 가질 수 없으므로 ㉡은 II이고, ㉢은 I임을 쉽게 알아낼 수 있습니다. 이제 세포를 모두 확정했으므로 유전자 연관 상태와 비분리 위치를 알아내야겠네요.

비분리 위치는 바로 확정을 할 수 있습니다. I이 B를 가지는데, II가 B를 가지지 않으므로 비분리는 감수 2분열의 I에서 발생했네요. 비분리는 1회만 발생했으므로 감수 1분열에서는 비분리가 발생하지 않았습니다. 즉, III이 a를 가지므로 I은 반드시 A를 가지는데, I~III 중 A를 가지는 세포는 1개라는 조건이 있으므로 비분리로 인해 II는 A를 가지지 않게 되었음을 알 수 있네요. 따라서 Q에서 A와 B가 연관되어 있음을 알 수 있습니다.

- ㄱ. Q에서 A와 B가 연관되어 있습니다. (x)
- ㄴ. 염색체 비분리는 감수 2분열의 I에서 발생했습니다. (○)
- ㄷ. 세포 1개당 a,b,d의 DNA 상대량을 더한 값은 II에서 0+0+1=1이고, III에서 1+1+0=2이므로 같지 않습니다. (x)

새롭게 등장한 조건을 자작문제 하나를 통해 연습해 보도록 하겠습니다.

4. 사람의 유전 형질 ⑥는 3쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다. 그림 (가)는 G1기의 세포 Q로부터 정자가 형성되는 과정을, 표 (나)는 I~IV 중 특정 유전자를 가지는 세포의 수를 나타낸 것이다. (가)에서 염색체 비분리는 1회 일어났고, I~IV는 모두 d를 가지지 않는다.



유전자	개수
A	3
B	1
D	2

(가)

(나)

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

— <보기> —

- ㄱ. 비분리는 감수 2분열에서 발생했다.
- ㄴ. Q에는 A와 b가 연관된 염색체가 있다.
- ㄷ. Q의 유전자형은 AABbDD이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 자작문제 4번 해설 - 답 : ㉓

기출문제와는 다르게 Q의 유전자형이 제시되지 않은 문제입니다. 표를 분석해서 유전자형에 대한 정보까지 동시에 알아내는 문제가 되겠네요.

표 (나)를 먼저 분석하겠습니다. A를 가지는 세포의 개수가 3개이므로 I과 II는 반드시 A를 가져야 합니다. 따라서 Q의 유전자형은 AA이고, A와 a는 상염색체에 존재하는 대립 유전자겠네요. 또한 A를 가지는 세포의 개수가 4개가 아닌 3개이므로 감수 2분열의 I과 II 중 한 세포에서 비분리가 발생했음을 알 수 있습니다. 반대로 B를 가지는 세포의 개수는 1개이므로 I과 II 중 하나만 B를 가져야 합니다. 그런데 B를 가지는 세포가 2개가 아닌 1개이므로 감수 2분열의 I과 II 중 B를 가지는 세포에서 비분리가 발생했음을 알 수 있네요. 따라서 A,a와 B,b는 서로 같은 상염색체에 존재하는 대립 유전자이므로 Q의 유전자형은 AABb이고, A와 B가 연관된 염색체와 A와 b가 연관된 염색체가 있음을 알 수 있습니다.

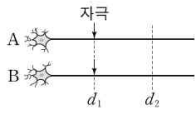
D를 가지는 세포는 2개인데, 만약 I과 II가 모두 D를 가진다면 III와 IV 중 하나는 반드시 D를 가져야하므로 모순이 생깁니다. 따라서 I과 II 중 하나만 D를 가져야 하고, D를 가지는 세포에서 분열된 생식 세포가 D를 가지므로 D를 가지는 세포가 2개가 됨을 알 수 있네요. 또한 I~IV는 모두 d를 가지지 않는다고 하였으므로 D,d는 상염색체에 존재하는 대립 유전자를 알 수 있습니다.

- ㄱ. 비분리는 감수 2분열에서 발생했습니다. (○)
- ㄴ. Q에는 A와 b가 연관된 염색체가 존재합니다. (○)
- ㄷ. D,d는 상염색체에 존재하는 대립 유전자이므로 틀린 선지입니다. (×)

[9평 16번]

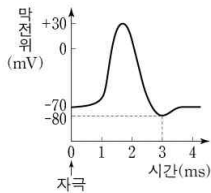
16. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A와 B의 일부를, 표는 A와 B의 지점 d_1 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t_1, t_2, t_3, t_4 일 때 지점 d_2 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는 $t_1 \sim t_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



신경	d_2 에서 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-60	-80	+20	+10
B	+20	+10	-65	-60

○ A와 B에서 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 -70mV이다. 자극을 준 후 경과된 시간은 $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ 이다.) [3점]

<보기>

- ㄱ. III은 t_1 이다.
- ㄴ. t_2 일 때, B의 d_2 에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. 흥분의 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

* 9평 16번 문제 해설 및 분석

이때까지의 전도 유형이 시간이 고정되고 거리에 대한 정보를 추론하는 방식이었다면, 이 문제는 완전히 반대로 거리가 고정되고 시간에 대한 정보를 추론하는 문제였습니다. 근본적인 개념은 완전히 동일하므로 전도 유형을 제대로 대비했다면 충분히 해결할 수 있었던 문제였습니다.

표를 먼저 분석하겠습니다. 전도 유형에서 가장 핵심이 될 수 있는 막전위는 -70mV 미만 -80mV 이상의 과분극 구간입니다. 나머지 구간은 +30mV를 제외하고는 탈분극 구간과 재분극 구간에 모두 나타날 수 있는 막전위이기 때문에 지점을 정확하게 확정할 수 없습니다. -70mV 미만 -80mV 이상의 막전위는 바로 과분극 구간이라고 확정할 수 있으므로 추론의 시작점이 될 가능성이 높겠죠?

A의 d_2 에서 시간이 II일때의 막전위가 -80mV입니다. B의 d_2 에서 시간이 II일때의 막전위는 +10mV입니다. +10mV가 탈분극 지점의 막전위든 재분극 지점의 막전위든 과분극 지점의 이전 막전위이므로 같은 시간 같은 지점에서 막전위의 전위 상황은 A가 B보다 빠름을 알 수 있습니다. 따라서 d_2 지점에 흥분이 전도된 순간이 A가 B보다 이룸을 알 수 있습니다. 따라서 A에서 흥분의 전도 속도가 B보다 빠름을 알 수 있네요. 또한 A의 I, III, IV에서 막전위가 모두 -70mV가 아님을 통해서 II가 가장 빠른 시점인 t_4 임을 알 수 있습니다.

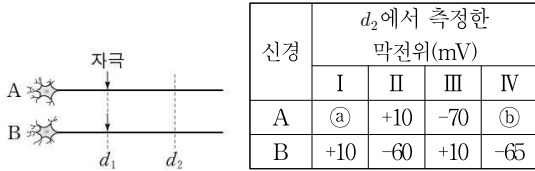
이제 A와 B의 각 시점에서의 막전위를 비교해봅시다. I일 때 A의 막전위는 -60mV, B에서의 막전위는 +20mV입니다. d_2 에 흥분이 전달된 시점은 A가 B보다 빠르므로 I~IV의 모든 시점에서 A의 막전위 진행 상황이 B의 막전위 진행 상황보다 빨라야 합니다. 즉, -60mV가 탈분극 상태라면 +20mV 탈분극 상태든 과분극 상태든 상관없이 모순이 생깁니다. 따라서 -60mV는 과분극 상태임을 알 수 있네요. 또한 B의 I, II를 보면 II가 가장 빠른 시점인 t_4 이므로 I의 +20mV는 탈분극 시점임을 알 수 있습니다. A와 B에 대해 남은 시점 III과 IV를 비교하면 B의 -65mV와 -60mV가 모두 탈분극 시점임을 알 수 있습니다. B의 시점 I, III, IV의 막전위가 모두 탈분극 시점인 것을 통해서 막전위가 큰 순으로 빠른 시점임을 알 수 있습니다. 따라서 I, III, IV은 각각 t_3, t_1, t_2 임을 알 수 있네요.

- ㄱ. III은 t_1 입니다. (○)
- ㄴ. t_2 일 때, B의 d_2 에서의 막전위는 -60mV이고, 탈분극 상태입니다. (×)
- ㄷ. 흥분의 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠릅니다. (○)

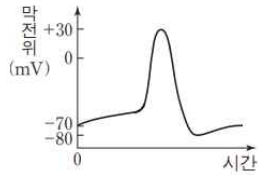
이렇게 바뀐 전도 유형에서 새롭게 설계할 수 있는 상황은 4개의 시점 $t_1 \sim t_4$ 에서 각 시점 사이의 시간 간격이 같다는 조건을 주어주는 것입니다. 제가 조건을 설계해본 결과 충분히 출제 가능성이 있다고 판단되고, 한번 생각해본것과 생각해보지 않은것의 차이가 굉장히 클 것이라 생각되기 때문에 다음 자작문제를 신중하게 풀어보시기 바랍니다.

5. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A와 B의 일부를, 표는 A와 B의 지점 d_1 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t_1, t_2, t_3, t_4 일 때 지점 d_2 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는 $t_1 \sim t_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다. t_1, t_2 사이의 간격과 t_2, t_3 사이의 간격과 t_3, t_4 사이의 간격은 모두 같다.



- ㉠과 ㉡는 모두 '+10'이 아니다.
- 흥분의 전도 속도는 A에서 B에서보다 빠르다.
- A와 B에서 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 , 전위의 최솟값은 -80mV 이다. 자극을 준 후 경과된 시간은 $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ 이다.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. II는 t_1 이다.
- ㄴ. 경과된 시간이 II일 때, B의 d_2 에서는 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. $\frac{\text{㉡}}{\text{㉠}}$ 의 값은 1보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

* 자작문제 5번 해설 - 답 : ㉔

기출문제와 같이 시점 4개가 제시되었지만, 각 시점 사이의 간격이 동일하다는 조건이 추가 되었습니다. 막전위 그래프를 보면 구체적인 시간에 관련된 막전위 정보가 표시되지 않았으므로 계산 문제가 아닌 표를 통한 추론 문제라고 짐작할 수 있겠네요.

표를 먼저 보겠습니다. A는 주어지지 않은 정보가 있기 때문에 B부터 먼저 보는것이 합리적인 판단인것 같습니다. 눈에 띄는 점은 +10mV의 막전위가 2개있다는 것이네요. 한 쪽은 탈분극 지점의 막전위고, 다른 한 쪽은 재분극 지점의 막전위겠죠? 더 알 수 있는 정보가 없으므로 A로 가보겠습니다.

A에도 막전위가 +10mV인 시점이 있습니다. 이 문제의 가장 중요한 포인트겠죠? B쪽에 +10mV가 두 지점있으므로 A의 시점 II와 B의 시점 I,III 중 한 곳에서 막전위가 반드시 겹침을 알 수 있습니다. 또 각 지점 사이의 간격이 동일하므로 추가적으로 겹치는 막전위 지점이 있을 수도 있다는 것이 이 문제의 포인트겠네요.

A의 ㉔와 ㉕는 모두 +10mV가 아니라고 합니다. 또한 A의 흥분의 전도 속도가 B의 전도 속도보다 빠르므로 A의 II지점의 +10mV는 재분극 지점의 막전위고, II는 무조건 가장 늦은 시점인 t1임을 알 수 있네요. 또 B의 II지점의 -60mV는 탈분극 시점의 막전위임을 알 수 있네요.

B의 II지점의 +10mV가 탈분극 시점이고, II가 t1인 것을 아는 상태에서 B의 막전위 4개를 모두 확인하면 -65mV는 탈분극 상태가 될 수 없으므로 반드시 재분극 시점의 막전위임을 알 수 있습니다. 따라서 IV가 t4임을 알 수 있습니다. 남은 I,III이 각각 t2와 t3 중 하나인데, A의 III지점의 -70mV는 반드시 재분극 지점 또는 휴지 전위의 막전위가 되어야 합니다. B의 막전위를 통해 A가 t1 이후의 시점에서 -65mV를 반드시 가져야함을 알 수 있는데, IV가 t4이므로 ㉕는 적어도 -80mV ~ -70mV의 막전위가 되어야 합니다. 따라서 ㉔가 -65이고, I,III이 각각 t2,t3임을 알 수 있습니다.

- ㄱ. II는 t1입니다. (○)
- ㄴ. 경과된 시간이 II 즉, t1에서 B의 d2에서는 탈분극이 일어나고 있습니다. (x)
- ㄷ. ㉔는 -65이고, ㉕는 -70mV ~ -80mV이므로 반드시 옳은 선지입니다. 주어진 막전위 그림상 ㉕를 그냥 -70이라고 생각할 수도 있지만 그래프에 구체적인 시간이 주어지지 않았으므로 이렇게 추론하는것이 합리적입니다. (○)

[9평 17번]

17. 다음은 사람의 유전 형질 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

- ㉠~㉣을 결정하는 유전자는 모두 상염색체에 있다.
- ㉠은 대립 유전자 A와 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- ㉡은 대립 유전자 B와 B*에 의해 결정되며, B와 B* 사이의 우열 관계는 분명하지 않고, 3가지 유전자형에 따른 표현형은 모두 다르다.
- ㉢은 1쌍의 대립 유전자에 의해 결정되며, 대립 유전자에는 D,E,F가 있다. ㉢의 표현형은 4가지이며, ㉢의 유전자형이 DD인 사람과 DE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 EF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.
- ㉠~㉣의 유전자형이 각각 AA*BB*DE와 AA*BB*EF인 부모 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉠에서 ㉠~㉣의 유전자형이 모두 이형 접합일 확률은 $\frac{3}{16}$ 이다.

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

- <보기> —
- ㄱ. 유전자형이 DE인 사람과 DF인 사람의 ㉢에 대한 표현형은 같다.
 - ㄴ. ㉠의 유전자와 ㉢의 유전자는 서로 다른 염색체에 존재한다.
 - ㄷ. ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉠~㉣의 표현형은 최대 24가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 9평 17번 문제 해설 및 분석

최근 평가원에 출제되는 멘델의 유전 유형 문항 중에서는 난이도가 많이 낮은 편에 속하는 문제였습니다. 이 문항의 시사점은 크게 2가지입니다. 첫 번째는 일반 단일 인자 유전, 중간 유전, 복대립 유전이 모두 소재로 사용된 문제라는 것입니다. 막상 문제를 풀어보면 3개의 형질은 모두 독립된 형질이기에 때문에 크게 어렵지는 않습니다. 3개의 형질이 모두 연관되어 있는 문항은 출제될 수 있을까요? 제가 여러 상황을 만들어본 결과 상당히 과한 계산과 케이스 분류를 요구하기 때문에 거의 불가능하다고 생각합니다. 만약 이 문제같이 일반 단일 인자 유전, 중간 유전, 복대립 유전이 동시에 출제되는 문제가 나온다면 최대를 가정할 수 있는 상황은 2가지 형질이 연관되어 있고, 나머지 하나의 형질은 독립되어 있는 경우라고 보여집니다. 이런 상황은 연관된 2가지 형질을 먼저 생각한 뒤, 독립되어 있는 나머지 형질을 따로 생각해주면 되기 때문에 이때까지 출제된 기출문제와 그렇게 다른점이 없겠네요.

눈여겨 봐야할 점은 두 번째 시사점이 되겠습니다. 17 9평부터 지속적으로 출제되고 있는 '이형 접합'과 '동형 접합'에 관련된 발문, 선지, 조건이 이 문제에서 마지막 조건으로 확률과 함께 제시되었습니다. 이 문제의 마지막 조건은 유전자형이 이형 접합인 부모 사이에서 태어난 자손의 이형 or 동형 접합 개수에 대한 아주 기초적인 내용을 질문한 것인데, 이 내용에 대한 조금 심화적인 내용이 충분히 출제될 수 있다고 보여지고 또, 대비했을 때와 대비하지 않았을 때의 명확한 차이가 있는 내용이기 때문에 이 기출문제를 풀이한 뒤, 자작 문제를 통해서 두 번째 시사점을 다뤄보도록 하겠습니다.

풀이 시작하겠습니다. ㉠~㉣을 결정하는 대립 유전자는 모두 상염색체에 존재하고, ㉠은 일반 단일 인자 유전, ㉡은 중간 유전, ㉢은 대립 유전자의 종류가 3가지인 복대립 유전입니다. 대립 유전자 종류가 3가지인 복대립 유전은 이미 여러번 기출문제에서 제시되었기 때문에 쉽게 판단할 수 있어야 합니다. ㉢의 표현형은 4가지이므로 3가지 대립 유전자 중 2가지는 반드시 우열이 불분명해야함을 알 수 있습니다. 유전자형이 DD인 사람과 DE인 사람의 표현형은 같으므로 D>E이고, 유전자형이 EF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같으므로 F>E입니다. 따라서 3가지 대립 유전자의 우열은 D=F>E입니다. 3가지 형질에 대한 분석은 끝났으므로 마지막 조건을 봅시다.

부모의 ㉠~㉣ 유전자형은 모두 이형 접합입니다. 이 부모 사이에서 태어난 자손 ㉠의 유전자형이 모두 이형 접합일 확률은 $\frac{3}{16}$ 이라고 했습니다. $\frac{3}{16}$ 이라는 분수의 분자가 3이므로 $\frac{3}{16}$ 은 반드시 $\frac{3}{4} \times (\text{어떤 수})$ 로 이루어진 형태여야 합니다. 여기서 $\frac{3}{4}$ 이라는 숫자가 ㉢을 결정하는 대립 유전자들이 존재하는 연관군으로부터 나왔다는 것을 증명하는 논리가 매우 중요합니다.

잠시 돌아가서 대립 유전자의 종류가 2개인 형질 ㉠과 ㉢에 대해서만 생각해보도록 하겠습니다. 이 문제와 같이 부모의 ㉠, ㉢ 형질의 유전자형이 모두 이형 접합인 상황을 생각해봅시다. ㉠, ㉢을 결정하는 두 쌍의 대립 유전자가 연관되어 있는 경우부터 생각해봅시다. 부모 두 명의 연관 상태가 서로 다르다면 두 쌍의 대립 유전자가 모두 이형 접합인 자손이 나올 수 없습니다. 그러므로 부모 두 명의 연관 상태는 동일해야 합니다. 부모의 연관 상태가 같으면 자가 교배를 한다고 생각하고 계산하면 편합니다. AB/A*B*의 상태로 연관되어 있,

AB*/A*B의 상태로 연관되어 있는 두 쌍의 대립 유전자가 모두 이형 접합인 자손이 나올 확률은 $\frac{1}{2}$ 입니다. 두 쌍의 대립 유전자가 각각 독립되어 있을 때, 각 연관군에서 이형 접합의 유전자가 자손에게 전달될 확률과 동형 접합의 유전자가 자손에게 전달될 확률이 각각 $\frac{1}{2}$ 입니다.

다시 문제로 돌아와서 $\frac{3}{16}$ 이라는 확률에 대해서 ㉠과 ㉡만 존재하는 연관군에서 나올 수 있는 확률은 $\frac{1}{2}$ 밖에 없습니다. 따라서 $\frac{3}{4}$ 이라는 숫자가 ㉢을 결정하는 대립 유전자들이 존재하는 연관군으로부터 나왔다는 것을 알 수 있습니다. $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4}$ 에서 $\frac{1}{4}$ 이라는 숫자는 나머지 연관군에서 나올 수 없으므로 $\frac{3}{16} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ 임을 알 수 있습니다. 즉, 주어진 3쌍의 대립 유전자는 모두 서로 다른 연관군에 존재하겠네요.

- ㄱ. 대립 유전자의 우열은 D=F>E이므로 틀린 선지입니다. (×)
- ㄴ. ㉠의 유전자와 ㉡의 유전자는 서로 다른 염색체에 존재합니다. (○)
- ㄷ. ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형은 $2 \times 3 \times 4 = 24$ 가지입니다. (○)

우열이 분명한 대립 유전자만 제시된 문제에서 자손의 이형 접합 개수를 묻는 유형의 문제가 심화된 내용으로 출제될 가능성이 높습니다. 자작문제 2개를 통해서 살펴해보도록 하겠습니다.

6. 다음은 어느 식물 종의 개체 P에 대한 자료이다.

- 이 식물 종의 표현형은 5쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정되고, 각 대문자 대립 유전자는 각 소문자 대립 유전자에 대해 완전 우성이다.
- 유전자형이 AaBbDdEeFf인 개체 P를 자가 교배하여 ㉠ 자손(F_1) 1600개체를 얻었다.
- ㉠에서 유전자형이 모두 이형 접합인 개체의 수는 200이고, 2쌍만 이형 접합인 개체의 수도 200이다.
- 아래의 표는 ㉠에 속하는 두 개체 ㉡와 ㉢의 대립 유전자 유무를 나타낸 것이다.

개체	대립 유전자 유무									
	A	a	B	b	D	d	E	e	F	f
㉡	○	○	○	○	×	?	×	?	?	×
㉢	?	×	×	?	?	×	?	?	?	?

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

— <보기> —

- ㄱ. P는 A와 B가 연관된 염색체를 가진다.
- ㄴ. ㉢는 E를 가진다.
- ㄷ. ㉡와 ㉢를 교배하여 자손(F_1)을 얻을 때, 이 개체의 표현형이 P와 같을 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

7. 다음은 어느 식물 종의 개체 P에 대한 자료이다.

- 이 식물 종의 표현형은 5쌍의 대립 유전자 A와 a, B와 b, D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정되고, 각 대문자 대립 유전자는 각 소문자 대립 유전자에 대해 완전 우성이다.
- 유전자형을 알 수 없는 개체 P를 자가 교배하여 ㉠ 자손(F_1)을 얻었다.

[㉠에 대한 정보]

- 유전자형이 모두 동형 접합인 개체의 비율은 $\frac{1}{2}$ 이다.
- 우성 동형 접합을 1쌍만 가지는 개체의 비율은 $\frac{1}{4}$ 이다.
- 우성 동형 접합을 2쌍 이상 가지는 개체는 없다.

㉠에서 소문자 대립 유전자 개수가 제일 많은 개체는 ㉡개의 소문자 대립 유전자를 가진다. ㉡의 값은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

- ① 4 ② 5 ③ 6 ④ 7 ⑤ 8

* 자작문제 6번 해설 - 답 : ㉠

유전자형이 모두 이형 접합인 개체를 자가 교배하여 자손을 얻는 상황에서 유전자형이 모두 이형 접합인 자손이 나올 확률을 알려주는 것은 제시된 대립 유전자 쌍들이 존재하는 연관군의 개수를 알려주는 것입니다. 앞의 기출문제 풀이에서 보았듯이 대립 유전자가 몇 쌍이 연관되어 있는 하나의 연관군에서 유전자형이 모두 이형 접합인 개체가 나올 확률은 $\frac{1}{2}$ 이고, 여사건으로 모두 동형 접합인 개체가 나올 확률은 $\frac{1}{2}$ 입니다. 문제의 조건을 통해 자손에서 유전자형이 모두 이형 접합인 개체가 나올 확률이 $\frac{1}{8}$ 임을 알 수 있으므로, 주어진 5쌍의 대립 유전자는 3개의 연관군으로 이루어져있음을 알 수 있습니다.

다음 조건으로 넘어가겠습니다. 2쌍만 이형 접합인 개체가 나올 확률도 마찬가지로 $\frac{1}{8}$ 입니다. 5쌍의 대립 유전자가 3개의 연관군으로 이루어지는 케이스는 3쌍,1쌍,1쌍 연관과 2쌍,2쌍,1쌍밖에 없는데 후자의 경우에는 $\frac{1}{8}$ 라는 확률이 나오지 않습니다. 따라서 5쌍의 대립 유전자는 3쌍,1쌍,1쌍으로 연관되어 있음을 알 수 있습니다.

마지막으로 표를 분석하겠습니다. ㉠을 먼저 보면 A,a와 B,b는 이형 접합이고, D,E,f를 가지지 않는 것으로 보아 나머지 대립 유전자 쌍은 동형 접합임을 알 수 있습니다. A,a와 B,b가 만약 3쌍의 대립 유전자가 연관되어 있는 연관군에 존재하는 대립 유전자라면 D,d와 E,e와 F,f 중 이들과 연관되어 있는 대립 유전자 쌍은 적어도 1쌍 이상 이형 접합을 가져야 합니다. 하지만 그렇지 않으므로 D,d와 E,e와 F,f가 하나의 연관군으로 존재함을 알 수 있고, P는 D,E,f가 연관된 염색체와 d,e,F가 연관된 염색체를 가짐을 알 수 있습니다.

㉡는 a와 B를 가지지 않으므로 A와 b만을 가짐을 알 수 있고, d를 가지지 않는 것에서 D,E,f가 연관된 염색체만 2개 가짐을 알 수 있습니다.

- ㉢. A,a와 B,b는 서로 독립된 대립 유전자이므로 틀린 선지입니다. (x)
- ㉣. ㉡는 E를 가집니다. (O)
- ㉤. ㉠의 유전자형은 AaBbddeeFF이고, ㉡의 유전자형은 AAbbDDEEeff임을 통해서 구하고자 하는 확률은 $\frac{1}{2}$ 임을 알 수 있습니다. (x)

* 자작문제 7번 해설 - 답 : ㉤

이번 문제는 P의 유전자형이 제시되지 않았습니다. 그것을 고려하고 조건을 하나씩 보겠습니다.

유전자형이 모두 동형 접합인 자손의 비율은 $\frac{1}{2}$ 라고 합니다. 즉, 이형 접합의 유전자형을 가지는 대립 유전자가 존재하는 연관군은 하나 밖에 없음을 알 수 있네요. 동형 접합 유전자형을 가지는 대립 유전자는 이 연관군에 연관되어 있을 수도 있고, 연관되어 있지 않을 수도 있지만 그것은 별로 중요한 문제는 아니겠네요. 자손에게는 항상 같은 유전자형만이 전달될 것이기 때문이죠.

그 다음 두 조건을 통해서 이형 접합 대립 유전자는 한 쌍밖에 없음을 알 수 있습니다. 두 쌍 이상이 연관되어 있다면 우성 동형 접합 1쌍만을 가지는 개체의 비율이 $\frac{1}{4}$ 가 될 수 없기 때문이죠. 또한 다른 4쌍의 동형 접합 유전자형은 모두 열성 동형 접합임을 알 수 있습니다.

따라서 구하고자 ㉤ 값은 8임을 쉽게 알 수 있네요.

[9평 18번]

18. 일조 시간이 식물의 개화에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 식물 중 A의 개체 I~V에 빛 조건을 달리하여 개화 여부를 관찰하였다. 표는 I~V에 ‘빛 있음’, ‘빛 없음’, ㉠, ㉡ 순으로 처리한 시간과 I~V의 개화 여부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각 ‘빛 있음’과 ‘빛 없음’ 중 하나이고, 이 식물이 개화하는 데 필요한 최소한의 ‘연속적인 빛 없음’ 기간은 8시간이다.

개체	처리 시간(시간)				개화 여부
	빛 있음	빛 없음	㉠	㉡	
I	12	0	0	12	개화함
II	12	4	1	7	개화 안 함
III	14	4	1	5	개화 안 함
IV	7	1	4	12	개화함
V	5	1	9	9	㉢

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. ㉠은 ‘빛 있음’이다.
- ㄴ. ㉢은 ‘개화 안 함’이다.
- ㄷ. 일조 시간은 비생물적 환경 요인이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 9평 18번 문제 해설 및 분석

단일 식물, 장일 식물에 대한 내용이 작년 9월 모의고사부터 출제되기 시작하여 본격적인 추론 문항으로 유형화되어 등장했습니다. 이번 9월 모의고사는 유전 추론 문항들의 난이도가 낮았고, 이 문제나 연역 문제 등이 평소보다 약간 복잡해진 추론 유형으로 등장했는데, 이번 수능에서는 이전까지 빠르게 비유전 문제들을 해결한 뒤, 유전 문제들에 시간을 모두 쏟아붓는 시험지 패턴이 아닌 비유전, 유전 상관없이 전체적으로 난이도가 평평한 시험지 패턴이 될 것이 거의 확실해 보입니다. 수학으로 예를 들면 비킬러 문제의 난이도가 높아지고, 21,29,30번의 난이도가 낮아지는 것과 같다고 할 수 있겠네요.

종 A의 개화하는 데 필요한 최소한의 연속적인 빛 없음 기간이 주어진 것으로 보아 A는 단일 식물 종임을 알 수 있습니다. 표를 분석해 보겠습니다.

I 이 개화를 했으므로 ㉠가 빛 있음, ㉡가 빛 없음임을 바로 알 수 있네요. II, III, IV는 추가적인 정보를 주고 있지는 않네요. V는 연속적인 빛 없음 기간이 9시간일때가 있으므로 개화합니다. 따라서 ㉢은 개화함이에요.

- ㄱ. ㉠은 빛 있음입니다. (○)
- ㄴ. ㉢은 개화함입니다. (×)
- ㄷ. 일조 시간은 비생물적 환경 요인입니다. (○)

이 문제와 같이 단일 식물 중 하나만 주어질 때는 추론 문제라고 하기도 민망할 정도로 난이도가 낮지만, 단일 식물 종과 장일 식물 종을 섞어서 출제한다면 나름의 준킬러 문항을 만들 수 있습니다. 자작 문제를 통해서 확인해볼게요.

8. 일조 시간이 식물의 개화에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 단일 식물 중 I 또는 장일 식물 중 II에 속하는 개체 (가)~(라)에 빛 조건을 달리하여 개화 여부를 관찰하였다. 표는 (가)~(라)에 '빛 없음', ㉠, ㉡ 순으로 처리한 기간과 (가)~(라)의 개화 여부를 나타낸 것이다. ㉠와 ㉡는 각각 '빛 있음'과 '빛 없음' 중 하나이고, I의 개체가 개화하는 데 필요한 최소한의 '연속적인 빛 없음' 기간은 10시간이고, II의 개체를 개화하지 못하게 하는데 필요한 '연속적인 빛 없음' 기간은 8시간이다. (가)~(라) 중 I에 속하는 개체는 2개이고, 나머지 개체는 II에 속한다.

개체	처리 기간(시간)			개화 여부
	빛 없음	㉠	㉡	
(가)	12	6	6	○
(나)	6	7	11	×
(다)	4	5	15	○
(라)	7	10	7	○

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. (가)는 종 I에 속하는 개체이다.
- ㄴ. (다)는 종 II에 속하는 개체이다.
- ㄷ. ㉠는 '빛 없음'이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 자작문제 8번 해설 - 답 : ①

조건을 읽고, 바로 표를 분석해 보겠습니다.

(가)는 연속적인 빛 없음 기간이 최소 12시간인데 개화를 함으로 종 I에 속하는 개체임을 알 수 있습니다. (나)는 @가 빛 있음이든, 빛 없음이든 항상 연속적인 빛 없음 기간이 10시간을 넘어가는데 개화하지 않으므로 종 II에 속하는 개체임을 알 수 있네요. 마찬가지로 (다)는 I에 속하는 개체임을 알 수 있습니다. 따라서 남은 (라)는 종 II에 속하는 개체이네요.

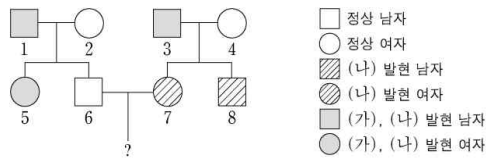
종 II에 속하는 개체 (라)가 개화했으므로 @가 빛 있음, ㉠가 빛 없음임을 쉽게 알 수 있습니다.

- ㄱ. (가)는 종 I에 속하는 개체입니다. (○)
- ㄴ. (다)는 종 I에 속하는 개체입니다. (×)
- ㄷ. @는 '빛 있음'입니다. (×)

[9평 19번]

19. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립 유전자 H와 H*에 의해, (나)는 대립 유전자 R과 R*에 의해, (다)는 대립 유전자 T와 T*에 의해 결정된다. H는 H*에 대해, R는 R*에 대해, T는 T*에 대해 각각 완전 우성이다.
- (가)의 유전자와 (나)의 유전자는 서로 다른 염색체에 있고, (가)의 유전자와 (다)의 유전자는 연관되어 있다.
- 가계도는 (가)~(다) 중 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- 구성원 1~8 중 1,4,8에서만 (다)가 발현되었다.
- 표는 구성원 ①~④에서 체세포 1개당 H와 H*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ①~④은 1,2,6을 순서 없이 나타낸 것이다.
- $\frac{7,8 \text{ 각각의 체세포 } 1 \text{ 개당 } R \text{ 의 DNA 상대량을 더한 값}}{3,4 \text{ 각각의 체세포 } 1 \text{ 개당 } R \text{ 의 DNA 상대량을 더한 값}} = 2$ 이다.

구성원	①	②	③
DNA 상대량	H	?	?
H*	1	0	?

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

<보기>

- ㄱ. ④은 6이다.
- ㄴ. 5에서 (다)의 유전자형은 동형 접합이다.
- ㄷ. 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)~(다) 중 (가)만 발현될 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

* 9평 19번 문제 해설 및 분석

이 문제의 큰 핵심이 되는 두 개의 조건인 표와 분수꼴로 제시된 조건은 각각 18 9평 17번 (부록 기출문제 2번)과 19 9평 19번 (부록 기출문제 3번)에서 출제된 내용이었고, 이 문제에서도 논리가 거의 동일하기 때문에 기출문제를 분석한 분과 분석하지 않은 분의 풀이 속도가 차이가 확연히 나는 문제였을거라고 생각합니다. 저같은 경우에는 표를 보자마자 무조건 (가)는 X 염색체 유전이라고 확신했을 정도였으니까요. 가계도 문제는 거의 매해 6,9월에 출제된 논리개수능에 연계되는 경향이 있기 때문에 반드시 여러 변형 문제를 통해 연습해 보시는 것을 추천드립니다. 변형 문제를 풀고 싶어서도 아마 공급이 많이 없을것 같기 때문에 제가 빠르게 한번더 변형 문제를 만들 생각이니 오르비 캐스트를 종종 확인해주세요.

조건을 순서대로 읽고, 표를 보겠습니다. ④은 H*를 가지지 않는데, 만약 ④의 유전자형이 HH라면 1,2의 (가) 발현 상태가 같거나, 5,6의 (가) 발현 상태가 같아야합니다. 하지만 그렇지 않으므로 ④은 H를 하나만 가지는 남자이고, (가)는 X 염색체 유전을 함을 알 수 있습니다. 아주 논리적으로 풀면 Y 염색체 유전까지 고려를 해주어야 하는데, 가계도를 보면 여자끼리 (가)의 발현 상태가 다를 수 있으므로 배제됩니다.

①이 만약 H를 가지면 ①,②,③의 (가) 발현 상태가 모두 같아지기 때문에 모순이 생깁니다. 따라서 ①은 H를 가지지 않는 남자임을 알 수 있습니다. 자동으로 ④은 여자인 구성원 2가 되고, 2와 (가) 발현 상태가 같은 6이 ④입니다. 남은 1은 ①이 되겠네요.

분수 조건으로 가보겠습니다. 분모가 2, 분자가 4인 경우는 3,4,7,8의 (나) 발현 상태가 같아야 하므로 모순입니다. 따라서 분모가 1, 분자가 2임을 바로 알 수 있습니다. 여기서 Y 염색체 유전의 가능성은 바로 배제되고 (가)와 (나)의 유전자는 서로 다른 염색체에 있으므로 (나)는 상염색체 유전을 함을 알 수 있습니다. (나) 발현 상태가 같은 7,8의 유전자형은 모두 RR*일것이므로 (나)는 우성 형질이고, 3의 유전자형은 RR*, 4의 유전자형은 R*R*임을 알 수 있네요.

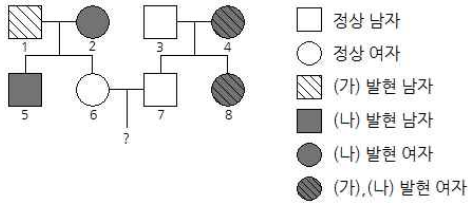
(가)와 연관된 형질인 (다)도 상염색체 유전을 하는 형질입니다. 1은 5에게 반드시 X 염색체 유전을 하는데, 1에게서는 (다)가 발현되고 5에게서는 (다)가 발현되지 않네요. 따라서 (다)는 열성 형질임을 알 수 있습니다.

ㄷ 선지를 판별하기 위해 6과 7의 염색체 구성을 알아보면 6은 H와 T가 연관된 염색체를 가지고, 7은 H*와 T가 연관된 염색체, H와 T*가 연관된 염색체를 가지고, (나)의 유전자형은 모두 R*R*입니다.

- ㄱ. ④은 구성원 6입니다. (○)
- ㄴ. 5에서 (다)의 유전자형은 이형 접합입니다. (x)
- ㄷ. 위의 내용을 바탕으로 확률을 구해보면 0입니다. (x)

9. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립 유전자 H와 H*에 의해, (나)는 대립 유전자 R과 R*에 의해, (다)는 대립 유전자 T와 T*에 의해 결정된다. H는 H*에 대해, R는 R*에 대해, T는 T*에 대해 각각 완전 우성이다.
- (가)~(다) 중 2개의 형질만 연관되어 있다.
- 가계도는 (가)~(다) 중 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- 구성원 1~8 중 2,3,6에서만 (다)가 발현되었다.
- ㉔, ㉕ 각각의 체세포 1개당 H의 DNA 상대량을 더한 값 = 1 이 ㉑, ㉒ 각각의 체세포 1개당 H의 DNA 상대량을 더한 값이다. ㉑~㉕은 구성원 1,2,5,6을 순서 없이 나타낸 것이다.
- 표는 구성원 ㉑~㉕에서 체세포 1개당 ㉔와 ㉒의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉔와 ㉒는 각각 R와 R* 중 하나이다

구성원	㉑	㉒	㉕
DNA	㉔	?	?
상대량	㉒	1	0

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

— <보기> —

- ㄱ. ㉕은 구성원 5이다.
- ㄴ. (다)는 우성 형질이다.
- ㄷ. 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)~(다) 중 (다)만 발현될 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

* 자작문제 9번 해설 - 답 : ㉠

(가)~(다) 중 2개의 형질만 연관되어 있다는 조건이 제시되었고, 가계도를 통해서 바로 특정 형질의 우열은 알 수는 없네요. 바로 다음 조건을 보겠습니다.

분수로 제시된 조건을 먼저 보겠습니다. 분모 분자 값이 각각 3이나 4일때는 1,2,5,6의 (가) 발현 상태가 모두 같아야 하기 때문에 모순이 생깁니다. 1일때는 1,2,5,6 중 2명씩 발현 상태가 같아야 하는데 그렇지 않으므로 분모 분자 값은 2임을 알 수 있습니다. 한 명의 H DNA 상대량이 2이고, 나머지 두 명의 H DNA 상대량이 1일때만 조건을 성립하므로 (가)는 열성 형질임을 알 수 있습니다. 또 ㉠,㉡과 ㉢,㉣을 묶어서 각각 부모들과 자식들로 나뉘임을 알 수 있네요.

다음 표를 보겠습니다. ㉠,㉡은 모두 ㉢를 가지는데, 1과 2는 ㉣의 발현 상태가 다르고, 5와 6도 (나)의 발현 상태가 다르므로 ㉢는 R*이고, (나)는 반성 유전을 하는 형질임을 알 수 있네요. 또한 ㉣는 남자이고, R만을 가짐을 알 수 있습니다. (나)가 열성 형질인지 우성 형질인지를 알아보기 위해, 3,4,7,8 가족을 보면 3은 (나)를 가지지 않고, 8은 (나)를 가지므로 (나)는 열성 형질이 아님을 알 수 있습니다. 따라서 (나)는 우성 형질입니다. ㉣은 5라는것까지 연결해서 알 수 있겠네요.

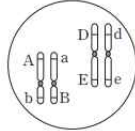
남은 형질 (다)를 보겠습니다. 1은 (다)를 가지지 않고, 6은 (다)를 가지고, 3은 (다)를 가지고, 8은 (다)를 가지지 않으므로 (다)는 상염색체 유전을 하는 형질임을 알 수 있습니다. 따라서 (가)와 (다)는 연관될 형질이네요. 3,4,7,8 가족의 유전자형을 적어보면 3의 유전자형은 HH*이고, 7의 유전자형은 HH*, 8의 유전자형은 H*H*이므로 3은 7과 8에게 서로 다른 염색체를 유전하는데, 만약 (다)가 우성 형질이라면 7과 8 중 한 명에게서는 (다)가 발현되어야 하는데 그렇지 않으므로 (다)는 열성 형질임을 알 수 있습니다. 최종적으로 6과 7의 (가), (다) 유전자가 있는 염색체를 구해보면 6은 H와 T*가 연관된 염색체, H*와 T*가 연관된 염색체를 가지고, 7은 H와 T*가 연관된 염색체, H*와 T가 연관된 염색체를 가지고, (나) 유전자형은 각각 R*R*, R*Y이므로 c 선지에서 구하고자 하는 확률은 $\frac{1}{2}$ 임을 알 수 있습니다.

- ㄱ. ㉣은 구성원 5입니다. (○)
- ㄴ. (다)는 열성 형질입니다. (×)
- ㄷ. 구하고자 하는 확률은 $\frac{1}{2}$ 입니다. (×)

[부록 기출문제 1 - 2017년 9월 평가원]

1. 다음은 사람의 유전 형질 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 대립 유전자 A와 a에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다.
- (나)를 결정하는 데 관여하는 3개의 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있으며, 3개의 유전자는 각각 대립 유전자 B와 b, D와 d, E와 e를 갖는다.
- (나)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립 유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립 유전자의 수가 다른 표현형이 다르다.
- 그림은 어떤 남자 P의 체세포에 들어있는 일부 염색체와 유전자를 나타낸 것이다.
- 어떤 여자 Q에서 (가)와 (나)의 표현형은 P와 같다. P와 Q 사이에서 ⓐ가 태어날 때, ⓐ에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 10가지이다.



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

<보기>

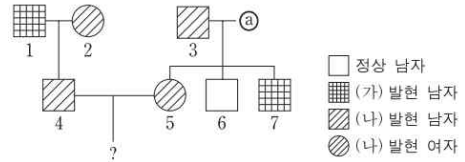
- ㄱ. (나)의 유전은 다인자 유전이다.
- ㄴ. Q는 A와 b가 연관된 염색체를 갖는다.
- ㄷ. ⓐ에서 (가)와 (나)의 표현형이 부모와 같을 확률은 $\frac{3}{10}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[부록 기출문제 2 - 2017년 6월 평가원]

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

- (가)는 대립 유전자 H와 H*에 의해, (나)는 대립 유전자 R과 R*에 의해 결정된다. H는 H*에 대해, R는 R*에 대해 각각 완전 우성이다.
- (나)를 결정하는 유전자는 X 염색체에 존재한다.
- 가계도는 구성원 ⓐ를 제외한 나머지 구성원에게서 (가)와 (나)의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- 표는 구성원 ①~③에서 체세포 1개당 H와 H*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ①~③은 각각 1, 2, 4 중 하나이다.

구성원	①	②	③	
DNA 상대량	H	1	?	2
	H*	?	1	?

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

<보기>

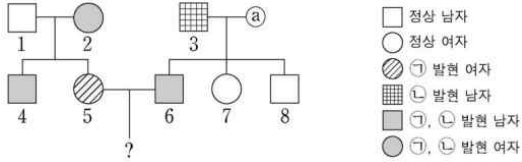
- ㄱ. 구성원 ③은 구성원 2이다.
- ㄴ. ⓐ에게서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않았다.
- ㄷ. 4와 5 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나)가 모두 발현될 확률은 $\frac{1}{8}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[부록 기출문제 3 - 2018년 9월 평가원]

3. 다음은 어떤 집안의 유전 형질 ㉠과 ㉡에 대한 자료이다.

- ㉠은 대립 유전자 A와 A*에 의해, ㉡은 대립 유전자 B와 B*에 의해 결정된다. A는 A*에 대해, B는 B*에 대해 각각 완전 우성이다.
- 가계도는 구성원 ㉢를 제외한 구성원 1~8에게서 ㉠과 ㉡의 발현 여부를 나타낸 것이다.



- $\frac{1,2,5 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}}{3,6,7 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}} = 1$ 이다.
- 체세포 1개당 B*의 DNA 상대량은 2에서가 5에서보다 크다.
- 5에서 생식 세포가 형성될 때, 이 생식 세포가 A와 B*를 모두 가질 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다.

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.) [3점]

— <보기> —

- ㄱ. ㉠은 열성 형질이다.
- ㄴ. 2와 ㉢는 ㉡에 대한 유전자형이 서로 다르다.
- ㄷ. 5와 6 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠과 ㉡이 모두 발현될 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ